



**Carolina Simões da
Costa**

**Especificação de um Sistema de Informação de
Apoio ao Controlo Estatístico de Processos**



**Carolina Simões da
Costa**

**Especificação de um Sistema de Informação de
Apoio ao Controlo Estatístico de Processos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão da Informação realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro.

vogais

Doutora Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa, Professora Auxiliar da Faculdade Engenharia da Universidade do Porto.

Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora auxiliar da Universidade de Aveiro. (Orientadora)

agradecimentos

Os meus agradecimentos são para todos que de forma directa ou indirecta contribuíram para a realização desta dissertação, no entanto, gostaria de agradecer em particular às seguintes pessoas e entidades:

À minha orientadora Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos pelo apoio e pela orientação que resultaram no trabalho desenvolvido e apresentado. Agradeço, ainda, a leitura atenta e sugestões realizadas na revisão do texto final. Acima de tudo, agradeço a sua amizade.

Ao Professor Doutor Joaquim José Borges Gouveia pela confiança demonstrada no meu trabalho.

À Sr.^a Eng.^a Ana Raquel Reis Couto Xambre pelo apoio e interesse que sempre demonstrou.

À Professora Doutora Leonor da Conceição Teixeira pelas valiosas sugestões.

Ao grupo i68 e à Sofi9 e aos seus Colaboradores pela oportunidade de trabalhar no projecto.

Às empresas e aos respectivos responsáveis da qualidade, que contribuíram para enriquecer o estudo de caso, nomeadamente: Teka Portugal, S.A.; Bosch Termotecnologia; C.A.C.I.A., S.A.; HFA - Electrónica e Telecomunicações; Climar, Indústria de Iluminação SA; Böllinghaus Portugal – Aços Especiais, S.A.; Mahle – Componentes de Motores, S.A.; Lactogal – Unidade Fabril de Oliveira de Azeméis; EPEDAL – Indústria de Componentes Metálicos, SA; Ciclo Fapril – Industrias Metalúrgicas S A; DVA – David Valente de Almeida, S.A.; LEA – Laboratório de Ensaios da Abimota – Associação Nacional das Industrias de duas rodas, Ferragens, Mobiliário e Afins; Miralago S.A.; Sika Portugal S.A. - Fábrica e Serviços Técnicos.

À minha irmã pelo apoio e compreensão.

Aos meus amigos e à minha família, em especial à minha Mãe.

palavras-chave

Controlo Estatístico de Processos; Cartas de Controlo; Sistema de Informação; Especificação;

resumo

Actualmente, perante os grandes desafios da globalização e para fazer face à forte competitividade, as indústrias necessitam, cada vez mais, de monitorizar a sua produção. Assim, o Controlo Estatístico de Processos permite estudar e reduzir a variabilidade que ocorre nos processos possibilitando uma análise dos seus parâmetros em tempo real. A sua incorporação num Sistema de Informação permite a integração com as várias actividades da organização e, simultaneamente, facilita a introdução e análise dos dados.

A presente dissertação consiste na Especificação de um Sistema de Informação para apoiar o Controlo Estatístico de Processos em ambientes industriais. A Especificação do sistema baseou-se nos requisitos que foram definidos utilizando duas metodologias: o estudo de aplicações existentes no mercado e a caracterização dos requisitos requeridos pelos utilizadores da indústria.

Os resultados evidenciam as dificuldades que as empresas têm na implementação de um sistema eficiente de controlo estatístico dos processos, em parte devido à falta de *software* adequado. Pretende-se, assim, colmatar esta lacuna, através da especificação do sistema apresentada neste trabalho.

keywords

Statistical Process Control; Control Chart; Information System; Specification;

abstract

Today, before the great challenges of globalization and to face the hard competitiveness, industries increasingly need, to monitor their production. Thus, the Statistical Process Control allows us to study and reduce the variability that occurs in the processes enabling an analysis of their parameters in real time. Its incorporation in an Information System allows the integration with the various activities of the organization, and at the same times, facilitates the introduction and analysis of data.

This dissertation is the Specification of an Information System to support the Statistical Process Control in industrial environments. The Specification of the system is based on the requirements that were defined using two methods: the study of applications in the market and the characterization of the requirements requested by the users of the industry.

The results show the difficulties that companies have to implement an efficient system of statistical process control, partly due to scarceness of appropriate software. Therefore, it is this dissertation's objective to fill in this gap through the specification of the system presented in this work.

mots-clés

Contrôle Statistique des Processus ; Cartes de Contrôle ; Système d'Information ; Spécification ;

résumé

Aujourd'hui, devant les grands défis de la mondialisation et pour faire face à une forte compétitivité, les entreprises ont besoin, de plus en plus, de contrôler leur production. Ainsi, le Contrôle Statistique des Processus permet d'étudier et de réduire la variabilité qui se produit dans les processus en permettant une analyse de leurs paramètres en temps réel. Son incorporation dans un système d'information permet l'intégration avec les diverses activités de l'organisation, tout en facilitant l'introduction et l'analyse des données.

Cette thèse est la Spécification d'un Système d'Information pour servir d'appui au Contrôle Statistique des Processus dans des milieux industriels. La Spécification du système a été fondée sur les exigences qui ont été définies en utilisant deux méthodes: l'étude des applications existantes sur le marché et la caractérisation des réquisits demandés par les utilisateurs de l'industrie.

Les résultats montrent les difficultés que les entreprises ont dans la mise en œuvre d'un système efficace de contrôle statistique du processus, en raison du manque de logiciel approprié. On prétend donc combler cette lacune à travers la spécification du système présentée dans ce travail.

Índice

Índice	1
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	iv
Índice das Tabelas dos Anexos.....	v
Siglas	vi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Objectivos e Metodologia.....	4
1.3 Estrutura	5
2 Sistemas de Informação.....	7
2.1 Introdução	8
2.2 Dados, Informação e Conhecimento	8
2.2.1 Dados	9
2.2.2 Informação.....	10
2.2.3 Conhecimento	11
2.2.4 Relação entre os conceitos de Dados, Informação e Conhecimento	12
2.3 Conceitos e Tipos de Sistemas de Informação	14
2.3.1 Sistemas de Informação.....	14
2.3.2 Tipos de Sistemas de Informação.....	17
2.3.2.1 Classificação dos Sistemas de Informação com base nas Áreas Funcionais da Organização	17
2.3.2.2 Classificação dos Sistemas de Informação com base nos Níveis Organizacionais	18
2.3.2.3 Classificação dos Sistemas de Informação com base nas suas Características Funcionais.....	25
2.4 Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas de Informação	30
2.4.1 Metodologia <i>Business Systems Planning</i> (BSP).....	31
2.4.2 Metodologia «clássica»	33
2.4.3 Metodologia <i>Framework for the Application of Systems Thinking</i> (FAST)	35
2.5 Linguagem de Modelação Unificada (UML)	38
2.5.1 Diagrama de Casos de Uso.....	39
2.5.2 Diagrama de Classes.....	41
2.6 Modelo Relacional.....	44
3 Controlo Estatístico de Processos.....	47

3.1	Introdução	48
3.2	Cartas de Controlo Clássicas	50
3.2.1	Cartas de Controlo por Variáveis	53
3.2.2	Cartas de Controlo por Atributos	57
3.2.3	Interpretação das Cartas de Controlo.....	60
3.3	Outras Cartas de Controlo	61
3.4	Capacidade do Processo	63
3.5	Teste de Normalidade	66
4	Estudo de Caso	69
4.1	Introdução	70
4.2	Definição do Âmbito do Projecto	71
4.2.1	Objectivos do Projecto	72
4.2.2	Classificação do SPCSolution	72
4.2.3	Planificação das Tarefas para o Estudo de Caso	73
4.3	Análise do Problema.....	74
4.3.1	Estudo das Aplicações Existentes.....	75
4.3.1.1	Características Funcionais para Análise de Aplicações	75
4.3.1.2	Análise de Aplicações	77
4.3.1.3	Caracterização das Aplicações	81
4.3.2	Caracterização dos Requisitos Requeridos pelos Utilizadores da Indústria.....	81
4.3.2.1	Elaboração do Guião de Entrevista	81
4.3.2.2	Análise das Entrevistas	83
4.4	Análise dos Requisitos	90
4.5	Desenho Lógico	92
4.5.1	Modelo Lógico do Processo	92
4.5.1.1	Actores e Casos de Uso do SPCSolution	92
4.5.1.2	Diagrama de Casos de Uso do SPCSolution	94
4.5.2	Modelo Lógico de Dados	95
4.5.2.1	Diagrama de Classes do SPCSolution	96
4.5.2.2	Modelo Relacional do SPCSolution	100
4.5.3	Requisitos Gerais	101
5	Conclusões.....	103
5.1	Conclusões Gerais	104
5.2	Perspectivas de Desenvolvimento Futuro.....	105
	Referências	107
	Anexos.....	I
	Anexo I – Tabelas.....	II
	Anexo II - Guião da Entrevista.....	V
	Anexo III - Narrativas dos Casos de Uso do SPCSolution.....	XI

Índice de Figuras

Figura 1.1- Estrutura da Dissertação.	5
Figura 2.1 - Processo de Transformação de Dados em Informação e de Informação em Conhecimento.	13
Figura 2.2 - Actividades num Sistema de Informação.	15
Figura 2.3 - Classificação por Áreas Funcionais e Níveis Organizacionais.	20
Figura 2.4 - Interligação de Sistemas de Informação Distribuídos pelos Níveis Organizacionais.	23
Figura 2.5 - Escalonamento de Atributos.	29
Figura 2.6 - Escalonamento de Funções.	29
Figura 2.7 - Exemplo de Relação «include».	40
Figura 2.8 - Exemplo de Relação «extends».	40
Figura 2.9 - Exemplo de Generalização.	40
Figura 2.10 - Exemplo de Classe.	41
Figura 2.11 - Exemplo de Restrição.	41
Figura 2.12 - Exemplo da associação “Um para Um”	42
Figura 2.13 - Exemplo da associação “Um para Muitos”.	42
Figura 2.14 - Exemplo da associação “Muitos para Muitos”.	42
Figura 2.15 - Exemplo de Classe Associativa.	43
Figura 2.16 - Exemplo de Agregação.	43
Figura 2.17 - Exemplo de Composição.	43
Figura 2.18 - Exemplo de Generalização.	44
Figura 2.19 - Exemplo de parte um Diagrama de Classes	46
Figura 3.1 - Melhoria do processo usando as cartas de controlo.	49
Figura 3.2 – Ilustração de uma carta de controlo clássica.	50
Figura 4.1 - Localização do SPCSolution na Classificação por Áreas Funcionais e Níveis Organizacionais.	73
Figura 4.2 - Diagrama de Casos de Uso.	95
Figura 4.3 - Diagrama de Classes.	99

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Exemplos de Sistemas de Informação Distribuídos pelos Níveis Organizacionais e pelas Áreas Funcionais.	22
Tabela 2.2 - As cinco fases da Metodologia «Clássica»	34
Tabela 3.1 - Fórmulas dos limites de controlo e da linha central para as cartas de controlo por variáveis.	56
Tabela 3.2 - Fórmulas dos limites de controlo e da linha central para as cartas de controlo por atributos.	59
Tabela 4.1 - Cronograma das Tarefas Desenvolvidas ao longo do Estudo de Caso.	73
Tabela 4.2 - Referência das Aplicações.....	77
Tabela 4.3 - Modalidade de Análise das Aplicações.....	77
Tabela 4.4 - Funcionalidades Identificadas em cada Aplicação.....	78
Tabela 4.5 - Tipo de Produção das Empresas Visitadas.....	83
Tabela 4.6 - Análise da 1ª questão das Entrevistas.....	84
Tabela 4.7 - Análise da 3ª questão das Entrevistas.....	84
Tabela 4.8 - Tipo de Características Controladas.....	85
Tabela 4.9 - Análise da 6ª questão das Entrevistas.....	85
Tabela 4.10 - Tipo de Cartas de Controlo.	86
Tabela 4.11 - Análise da 8ª questão das Entrevistas.....	86
Tabela 4.12 - Estatísticas usadas para Estudar o Processo.....	87
Tabela 4.13 - Requisitos Funcionais.	88
Tabela 4.14 – Informação que as Empresas Armazenam sobre o Processo.....	89

Índice das Tabelas dos Anexos

Tabela I - Distribuição Normal Padronizada.....	II
Tabela II - Valores Críticos da Distribuição da Estatística D, para o Teste Kolmogorov-Smirnov Lilliefors da distribuição normal da população	III
Tabela III - Valores das constantes dos limites de controlo para as cartas de controlo por variáveis	IV
Tabela IV - Narrativa do CU1: Identificar Característica.	XI
Tabela V - Narrativa do CU2:Preparar Recolha.....	XIII
Tabela VI - Narrativa do CU3: Registrar Observação.....	XIV
Tabela VII - Narrativa do CU4: Calcular Limites.....	XVI
Tabela VIII - Narrativa do CU5: Desenhar Carta.....	XVII
Tabela IX - Narrativas do CU6: Visualizar Carta.	XVIII
Tabela X - Narrativa do CU7: Gerir Alarme.....	XIX
Tabela XI - Narrativa do CU8: Seleccionar Amostra.....	XXI
Tabela XII - Narrativa do CU9: Verificar Normalidade.	XXI
Tabela XIII - Narrativa do CU10: Calcular Capacidade.	XXII
Tabela XIV - Narrativa do CU11: Calcular Estatísticas.....	XXII
Tabela XV - Narrativa do CU12: Construir Histograma.....	XXIII
Tabela XVI - Narrativa do CU13: Exportar Dados.....	XXIII

Siglas

As siglas servem para abreviar as designações comuns utilizadas ao longo do texto. Elas vão ser apresentadas na sua primeira ocorrência e aplicadas ao longo do trabalho.

Neste documento são utilizadas as seguintes siglas:

ARL		<i>Average Run Length</i>
BSP		<i>Business Systems Planning</i>
C ³ I	Comando, Controlo, Comunicação e Inteligência	<i>Command, Control, Communications, and Intelligence</i>
CAD	Desenho Assistido por Computador	<i>Computer Aided Design</i>
CAD/CAM	Desenho Assistido por Computador/Produção Assistida por Computador	<i>Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing</i>
CAM	Produção Assistida por Computador	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CU	Caso de Uso	
CUSUM	Cartas de Controlo da Soma Acumulada	<i>Cumulative Sum Control Charts</i>
DSI	Desenvolvimento de Sistemas de Informação	
DSS	Sistemas de Suporte à Decisão	<i>Decision Support Systems</i>
Early DP	Processamento de Dados Primitivo	<i>Early Data Processing</i>
EIS	Sistemas de Informação para Executivos	<i>Executive Information Systems</i>
ESI	Exploração de Sistemas de Informação	
ESS	Sistemas de Suporte Executivo	<i>Executive Support Systems</i>
EWMA	Cartas de Controlo da Média Móvel Exponencialmente Amortecida	<i>Exponentially Weighed Moving Average Control Charts</i>
EXS	Sistemas Periciais	<i>Expert Systems</i>
FAST		<i>Framework for the Application of Systems Thinking</i>
GDSS	Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo	<i>Group Decision Support Systems</i>
GI	Gestão da Informação	
GSI	Gestão de Sistemas de Informação	
IAEFA	Instituto de Altos Estudos da Força Aérea	
IBM		<i>Internacional Business Machines</i>
KWS	Sistemas de Suporte ao Conhecimento	<i>Knowledge Work Systems</i>

LC	Linha Central	
LIC	Limite Inferior de Controlo	
LIE	Limite Inferior de Especificação	
LSC	Limite Superior de Controlo	
LSE	Limite Superior de Especificação	
Mature DP	Processamento de Dados Maturo	<i>Mature Data Processing</i>
MDS	Escalonamento Multidimensional	<i>Multidimensional Scaling</i>
MDSI	Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas de Informação	
MIS	Sistemas de Informação para a Gestão	<i>Management Information Systems</i>
MRP	Planeamento Requisitos de Materiais	<i>Material Requirements Planning</i>
MRP II	Planeamento de Recursos de Produção	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
OAS	Sistemas de Automação de Escritórios	<i>Office Automation System</i>
OIS/OA	Sistemas de Informação de Escritório/Automação de Escritório	<i>Office Information Systems/Office Automation</i>
OMG		<i>Object Management Group</i>
PDA	Assistente Pessoal Digital	<i>Personal Digital Assistants</i>
SI	Sistemas de Informação	
SMS	Serviço de Mensagens Curtas	<i>Short Message Service</i>
SPC	Controlo Estatístico de Processos	<i>Statistical Process Control</i>
SPSS		<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
SQL	Linguagem de Consulta Estruturada	<i>Structured Query Language</i>
TPS	Sistemas de Processamento de Transacções	<i>Transaction Processing Systems</i>
UML	Linguagem de Modelação Unificada	<i>Unified Modelling Language</i>
VPN	Rede Privada Virtual	<i>Virtual Private Network</i>

1 Introdução

Conteúdos

- Enquadramento
- Objectivos e Metodologia
- Estrutura

1.1 Enquadramento

As organizações enfrentam desafios e problemas complexos que exigem soluções poderosas, nomeadamente no que respeita a infra-estruturas de comunicação, equipamentos terminais e softwares especializados. Inseridas na sociedade da informação, que corresponde a uma sociedade cujo funcionamento recorre crescentemente a redes digitais de informação (Livro Verde, 1997), a informação é uma ferramenta que apoia as organizações na tomada de decisões, tem de ser vista como um recurso extremamente importante, tão importante como o capital ou as pessoas. Visto que sem informação não podem sobreviver, estes recursos devem ser geridos de forma a tirar o maior proveito possível. A informação é um recurso importante, desta forma as organizações necessitam de Sistemas de Informação (SI) que contribuem para a eficiência da gestão e para atingir os seus objectivos mais facilmente (Rascão, 2004).

As novas tecnologias da informação vieram alterar o funcionamento da sociedade e das organizações, em particular no que diz respeito à utilização de informação (Donnelly et al., 2000) e fazem parte do nosso quotidiano. Oferecem instrumentos úteis para as comunicações, para o processamento de textos, para acesso a bases de dados, etc. (Livro Verde, 1997). Em particular os SI são instrumentos que podem otimizar a comunicação e o processo de decisão nas organizações, proporcionam aos gestores a informação sobre a performance passada e presente da organização de uma forma integrada, oportuna e relevante para a tomada de decisão aos vários níveis de gestão (Rascão, 2004). Deste modo, surgem sistemas baseados em pacotes de softwares sofisticados, como por exemplo, os sistemas de Desenho Assistido por Computador (CAD – *Computer Aided Design*), por vezes desenvolvidos à medida para uma empresa ou sector, manipulando, gerando, integrando e apresentando informação ligada aos processos, aos produtos e aos serviços da empresa (Livro Verde, 1997).

Actualmente, a tecnologia está na base da evolução das organizações, bem como nos negócios que lhe estão associados. Deste modo, as organizações investem em sistemas de informação para reduzir custos operacionais. Os sistemas satisfazem os requisitos de informação dos utilizadores, automatizam e reformulam os processos contribuindo para a criação de novos produtos e/ou serviços, melhoram o nível de serviço prestado aos clientes e aos potenciais clientes.

Hoje em dia as organizações estão equipadas com diversas e sofisticadas máquinas que executam grande parte do trabalho. As linhas de produção estão cada vez mais automatizadas, por isso deve-se controlar a produção ao longo do processo, quando possível, e não apenas na fase dos produtos acabados. Evitando assim o desperdício de peças não conformes. O processo de execução de um produto envolve diversos factores, como por exemplo, as matérias-primas, as máquinas, os operadores. Estes factores influenciam o processo de forma a produzir peças defeituosas ou com anomalias o que pode acarretar prejuízo ou custos adicionais para a empresa. A qualidade dos produtos é a imagem da empresa transmitida aos clientes. O cliente procura qualidade em qualquer produto e os produtos são diferenciados pela sua qualidade.

As indústrias deparam-se cada vez mais com a necessidade de controlar as suas linhas de produção de forma a fabricar peças conformes. Uma das ferramentas usadas para a melhoria contínua do processo de fabrico é o Controlo Estatístico de Processos (SPC). Esta ferramenta permite estudar e reduzir a variabilidade nos processos, que são afectados por diversas fontes de variação que provocam alterações. A análise pode ser feita em tempo real com recurso às cartas de controlo de forma a que, o gestor da qualidade possa actuar no processo, identificando a causa do problema para a sua posterior eliminação e/ou correcção. Para se efectuar essa análise é fundamental possuir uma aplicação que acompanhe as necessidades das empresas. Segundo Fey e Gogue (1983), «se os métodos estatísticos, forem correctamente utilizados a partir de um sistema de informação, indicam as acções mais eficazes para a solução dos problemas que dizem respeito aos produtos defeituosos».

Com este trabalho pretende-se especificar um sistema de informação de apoio ao Controlo Estatístico de Processos para ser usado pelos responsáveis da qualidade e pelos

operadores das linhas de produção da indústria. A especificação do sistema descreve os identificados de forma a satisfazer as necessidades dos utilizadores. O sistema, uma vez desenvolvido e em funcionamento permitirá implementar o controlo estatístico nos processos identificados como críticos e analisar vários parâmetros dos processos, entre os quais a sua variabilidade.

1.2 Objectivos e Metodologia

O presente trabalho consiste na especificação e modelização de um Sistema de Informação para apoiar o Controlo Estatístico de Processos. Primeiro analisam-se os fundamentos teóricos sobre os dois temas em estudo: Sistema de Informação e Controlo Estatístico de Processo. De seguida, analisam-se os sistemas que implementam as cartas de controlo existentes no mercado e recolhem-se as necessidades práticas da indústria. Por último, modelam-se os requisitos recolhidos com base nos estudos anteriores.

A análise bibliográfica dos temas Sistemas de Informação (SI) e Controlo Estatístico de Processos (SPC) consiste na pesquisa, recolha, selecção, análise e síntese dos pontos fundamentais para compreensão geral dos temas. O estudo de caso consiste na especificação e modelação do sistema de informação para apoiar o SPC na indústria. Para executar este estudo seleccionou-se uma metodologia de desenvolvimento SI para apoiar a implementação do projecto. As fases da metodologia segue um guião de execução das diversas tarefas para desenvolver o sistema. Para a definição dos requisitos houve a necessidade de recolher dados através de análise de aplicações de SPC existentes no mercado e de entrevistas efectuadas aos responsáveis da qualidade de empresas que já utilizam cartas de controlo.

1.3 Estrutura

A dissertação está dividida em duas partes, apresentadas na figura 1.1, a primeira consiste na análise bibliográfica que enquadra os temas de Sistemas de Informação (SI) e Controlo Estatístico de Processos (SPC) e a segunda parte remete para o Estudo de Caso.

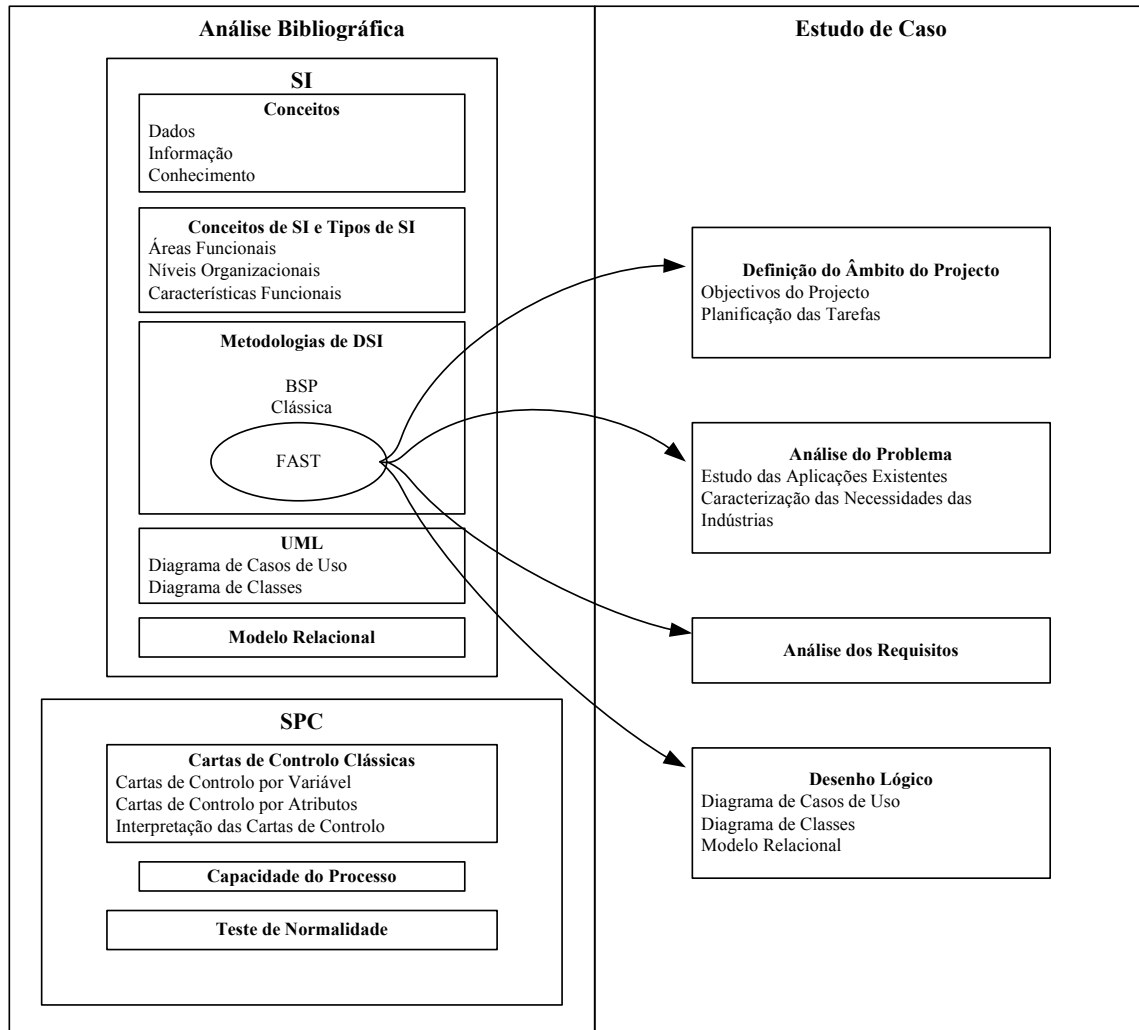


Figura 1.1- Estrutura da Dissertação.

Assim no capítulo denominado de Sistemas de Informação (SI) apresentam-se os conceitos de dados, informação e conhecimento, definem-se os conceitos de SI e os tipos de SI por áreas funcionais, níveis organizacionais e características funcionais, analisam-se

metodologias para Desenvolvimento de Sistemas de Informação (DSI), nomeadamente *Business Systems Planning* (BSP), clássica e *Framework for the Application of Systems Thinking* (FAST), aborda-se a Linguagem de Modelação Unificada (UML) com os diagramas de casos de uso e de classes e, por último, infere-se a passagem do diagrama de classes para o modelo relacional.

O capítulo seguinte intitulado de Controlo Estatístico de Processos (SPC) aborda, em primeiro lugar, os conceitos associados às cartas de controlo clássicas, expõe os tipos de cartas por variáveis e por atributos e a interpretação das cartas de controlo, de seguida, analisa a capacidade do processo e, por último, apresenta um teste de hipóteses para verificar se a característica da qualidade segue a distribuição normal.

O Estudo de Caso refere todas as etapas realizadas no decorrer do trabalho de campo. Com o apoio da metodologia FAST apresentada anteriormente pretendeu-se desenvolver o SPCSolution, deste modo, foi necessário proceder: à Definição do Âmbito do Projecto, tal como definir os objectivos e planificar as tarefas; na Análise do Problema estudaram-se as aplicações existentes no mercado e caracterizaram-se as necessidades das indústrias; assim, definiram-se os requisitos com base nos estudos efectuados e, por último, com recurso ao Desenho Lógico, modelou-se o sistema com os requisitos apurados ao longo do trabalho e concretizando através do Diagrama de Casos de Uso, do Diagrama de Classes e do Modelo Relacional.

2 Sistemas de Informação

Conteúdos

- Introdução
- Dados, Informação e Conhecimento
- Conceitos e Tipos de Sistemas de Informação
- Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas de Informação
- Linguagem de Modelação Unificada (UML)
- Modelo Relacional

2.1 Introdução

Os Sistemas de Informação (SI) são estudados no âmbito da Gestão da Informação (GI). Neste capítulo analisam-se os conceitos considerados relevantes na área dos Sistemas de Informação, pelo que, na secção 2.2 se apresentam as noções de Dados, Informação e Conhecimento. Na secção 2.3 apresentam-se os conceitos de Sistema de Informação e os Tipos de Sistemas de Informação e na secção 2.4 apresentam-se as Metodologias para Desenvolvimento de Sistemas de Informação. Na secção 2.5 é referida brevemente a Linguagem de Modelação Unificada, usada para modelizar os requisitos para a especificação de um sistema de informação e na secção 2.6 apresenta-se o modelo relacional para a criação de bases de dados de apoio aos sistemas de informação.

2.2 Dados, Informação e Conhecimento

Dados e informação são dois termos que são usados, por vezes, com significados iguais no dia-a-dia sendo que, na literatura especializada, estes conceitos assumem significados diferentes.

Desta forma, no ponto 2.2.1 apresenta-se o conceito de dados e, no ponto seguinte, o conceito de informação. Neste contexto surge também o conceito de conhecimento, que será abordado no ponto 2.2.3. No ponto 2.2.4 aborda-se a relação entre estes três conceitos.

2.2.1 Dados

Segundo Laudon e Laudon (2006), numa perspectiva organizativa, dados são fluxos de matéria-prima que representam eventos que ocorrem numa organização ou num ambiente físico antes de terem sido organizados e dispostos numa forma que as pessoas possam entender e usar.

Burch e Strater (1974, citado por Varajão, 2005) referem que dados são factos isolados; para Lopes (1997) são factos passivos e para Gouveia e Ranito (2004) são factos básicos e concretos. Os dados podem ser recolhidos de várias fontes e registados em algum sítio, podem ser recolhidos por via da observação, medição ou simplesmente como resultado de uma actividade realizada (Lopes, 1997).

Carvalho e Amaral (1993), por sua vez, referem dados como representações não estruturadas, conceito que será equivalente ao de itens não trabalhados referido por Whitten et al. (2004). Por outro lado, para Alter (1999) os dados poderão, ou não, ser pertinentes ou úteis numa determinada situação. Varajão (2005) menciona dados como elementos ou valores discretos que isoladamente não têm qualquer utilidade e cuja simples posse não assegura a obtenção de qualquer benefício e Davenport e Prusak (1998 citado por Silva e Neves, 2003) referem que os dados não têm significado por si só, descrevendo somente uma parte dos acontecimentos e não resultando de nenhum juízo de valor ou interpretação.

Numa tentativa de síntese das várias definições do conceito de dados pode afirmar-se que dados são factos, elementos, valores, ou itens, não trabalhados, não estruturados e não organizados, sem significado por si só e sem utilidade isoladamente, que podem ser recolhidos de várias fontes e registados em algum sítio.

No ponto seguinte analisa-se o conceito de informação, que se baseia no conceito de dados aqui abordado.

2.2.2 Informação

Segundo Le Moigne (1978, citado por Zorrinho, 1990 e por Rascão, 2004), informação é um objecto formatado criado artificialmente pelo homem, tendo por finalidade representar um tipo de acontecimento identificável por ele no mundo real. Para Galliers (1987, citado por Gouveia e Ranito, 2004) a informação é uma colecção de dados que, quando apresentada de determinada forma e em determinado momento, melhora o conhecimento do indivíduo que a recebe, de modo a que este indivíduo se torne mais capaz de realizar a acção ou a decisão a que se propõe. Em 1997, Lopes afirma que a informação, em termos informáticos, é a apresentação “activa” dos dados e resulta de um certo tipo de transformação operada pelo computador. Por sua vez, Varajão (2005) considera informação como sendo um conjunto de dados colocados num contexto útil e de grande significado que, quando fornecido atempadamente e de forma adequada a um determinado propósito proporciona orientação, instrução e conhecimento ao seu receptor, ficando este mais habilitado para decidir ou desenvolver determinadas actividades. Laudon e Laudon (2006), definem informação como dados que foram trabalhados numa forma que é significativa e útil para os seres humanos.

Alguns autores referem a informação como um conjunto de dados para reduzir a incerteza sobre determinada situação proporcionando, assim, condições para a tomada de decisão. Assim, para Lucas (1987, citado por Zorrinho, 1990) informação é uma «entidade tangível ou intangível que reduz a incerteza sobre uma dada situação ou acontecimento». Segundo Varajão (2005), a informação é tudo aquilo que reduz a incerteza sobre um dado facto, lugar ou acontecimento, passado, presente ou futuro. Para Gouveia (2005), a informação suporta ou reduz a incerteza da decisão, mas não se traduz na própria acção. Seja qual for a interpretação da informação esta tem como principal função o aumento do conhecimento ou a redução da incerteza.

Os dados são considerados informação quando se lhes atribuem significado. Desta forma, Gouveia (2002) refere informação como um conjunto de dados organizados num contexto com significado, para Varajão (2005), são dados processados e organizados de modo a possibilitar a sua compreensão e utilização. Segundo Gouveia e Ranito (2004), a

informação é o resultado da análise de dados, de forma útil para determinado problema ou contexto

Numa tentativa de síntese das várias definições do conceito de informação pode-se afirmar que informação é um conjunto de dados organizados, trabalhados, processados num contexto com significado e útil para reduzir a incerteza da decisão relativa a uma dada situação ou acontecimento.

No ponto seguinte apresenta-se o conceito de conhecimento, que é um conceito distinto do de informação. Enquanto que o segundo conceito é transmissível e reprodutível, o primeiro é intrínseco ao ser humano.

2.2.3 Conhecimento

Por vezes o termo conhecimento é usado, em linguagem corrente, com o mesmo sentido de informação, mas estes conceitos são considerados pelos autores que os estudam como conceitos distintos. Por exemplo, Davenport e Prusak (1998, citado por Silva e Neves, 2003) afirmam que conhecimento não corresponde a dados nem a informação, embora esteja relacionado com ambos.

Segundo Gouveia (2002), conhecimento é informação que foi entendida e aplicada. Para Gouveia e Ranito (2004) o conhecimento é construído a partir da informação, possuindo uma estrutura interna, específica do problema para o qual foi construído, possibilitando a avaliação da informação disponível para a tomada de decisão. Para Rascão (2004) é uma combinação de instintos, ideias, regras e procedimentos que guiam as acções e as decisões.

O conhecimento é inerente ao homem e não aos sistemas automatizados e aos processos, reside nas pessoas e é mais profundo e rico do que os dados e a informação, permitindo a tomada de decisões. É algo pessoal, vivido por alguém. Não pode ser armazenado nem processado por computadores e é usado para tomar uma decisão ou praticar uma acção. O conhecimento é aplicado no momento e no local apropriado, apoiando as decisões, melhorando o desempenho e/ou os resultados (Silva e Neves, 2003).

Para Tiwana (2000, citado por Silva e Neves, 2003), conhecimento é informação para acção, relevante, disponível no lugar certo, no momento certo, no contexto correcto, e de forma correcta para que qualquer pessoa o possa usar nas suas decisões. Nonaka (1991, citado por Silva e Neves, 2003) entende que as pessoas não recebem novo conhecimento de uma forma passiva interpretando-o e adaptando-o às suas próprias situações e perspectivas.

Saur (2005) define conhecimento como «informação interpretada dinâmica e espontaneamente pelo seu detentor, com base nas suas experiências, credos e valores, dependendo do contexto e criada com o objectivo de agir ou decidir numa dada situação».

Numa tentativa de síntese pode-se dizer que conhecimento é informação relevante, construído pelo homem a partir da informação ou da avaliação efectuada à informação, combinando instintos, ideias, regras e procedimentos para tomar uma decisão ou praticar uma acção, aplicada no momento certo, no lugar certo e no contexto correcto.

No ponto seguinte relaciona-se os conceitos de dados, informação e conhecimento, que são conceitos usados pela GI.

2.2.4 Relação entre os conceitos de Dados, Informação e Conhecimento

Para se obter informação recolhem-se dados. Desta forma, a passagem de dados para informação carece de acções. Estas acções, como se pode visualizar na figura 2.1, são a Contextualização, Categorização, Cálculo, Correção e Coordenação. Para transformar informação em conhecimento é necessário a interacção do Homem e, deste modo, é necessário estabelecer Comparação, Conexões, Condensação, Conversação e Consequências.

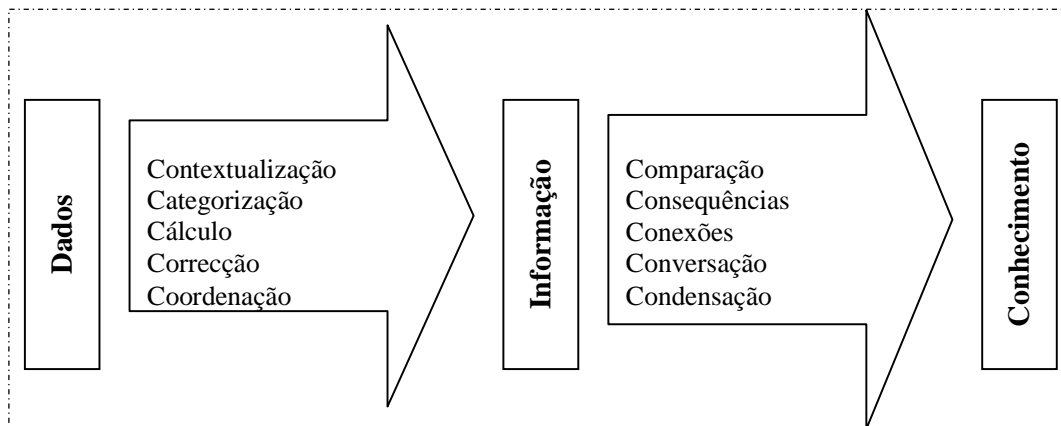


Figura 2.1 - Processo de Transformação de Dados em Informação e de Informação em Conhecimento.¹

As acções que transformam dados em informação são:

- Contextualização – o propósito pelo qual se recolhem dados;
- Categorização – identificação dos componentes;
- Cálculo – tratamento matemático ou estatístico;
- Correção – eliminação de erros;
- Coordenação – organização.

As acções que transformam informação em conhecimento são:

- Comparações – entre a informação de uma dada situação com casos semelhantes;
- Consequências – analisar consequências, isto é, implicações desta informação na tomada de decisão;
- Conexões – quais as relações deste conhecimento com o conhecimento adquirido;
- Conversação – o que as pessoas pensam sobre esta informação;
- Condensação – obtenção da informação de forma mais concisa.

Na secção seguinte apresentam-se alguns conceitos e tipos de Sistema de Informação.

¹ Adaptado de Silva e Neves (2003).

2.3 Conceitos e Tipos de Sistemas de Informação

Nesta secção apresentam-se algumas perspectivas sobre o conceito de Sistemas de Informação (SI) com base nos conceitos de dados e informação referidos anteriormente e analisam-se as classificações de SI que se revestem de maior relevância para o estudo.

2.3.1 Sistemas de Informação

O conceito de sistema foi definido por Moigne (1974) como um conjunto de partes coordenadas. Já no contexto dos SI, Rascão (2004) define sistema como um conjunto integrado de componentes que interagem entre si para atingir objectivos comuns ou determinada função, aceitando dados de entrada e produzindo resultados. Por sua vez, Gouveia e Ranito (2004) referem-se a sistema como um conjunto de componentes que interagem para alcançar um objectivo comum, onde cada componente pode, ele próprio, constituir um sistema ou um subsistema. Assim, um sistema pode ter mais do que um objectivo, onde os componentes actuam em conjunto para alcançar os resultados pretendidos.

Já no que diz respeito a Sistemas de Informação, Lucas (1987, citado por Zorrinho, 1990) define-o como um conjunto organizado de procedimentos que, quando executados, produzem informação para o apoio à tomada de decisão e para o controlo da organização. Segundo Rascão (2004), SI têm as mesmas características de qualquer sistema e a sua finalidade é transformar os dados em informação. Para Gouveia e Ranito (2004), é uma infra-estrutura que suporta o fluxo de informação interno e externo a uma organização. Segundo Laudon e Laudon (2006), SI é um conjunto de componentes interrelacionados que recolhe, processa, armazena e distribui informação. Esta definição apresenta, portanto, quatro funções dos SI que são a recolha, o processamento, o armazenamento e a distribuição da informação. Adicionalmente, Gouveia e Ranito (2004) referem, também, a representação da informação como uma função dos SI. Segundo estes autores, as funções dos SI podem ser sintetizados da seguinte forma:

- Recolher informação - garantir a entrada de dados no sistema;

- Armazenar informação - registar os dados necessários no sistema;
- Processar informação - dar resposta às exigências de dados e informação para suporte do sistema;
- Representar informação - permitir uma percepção com qualidade dos dados e da informação disponível no sistema;
- Distribuir informação - garantir o fluxo de dados e de informação no sistema.

Relativamente às actividades presentes num SI, Laudon e Laudon (2006) consideram três actividades básicas:

- entradas (*inputs*) - dados que foram recolhidos da organização ou a partir do ambiente externo;
- processamento - actividade que converte os dados de entrada em informação;
- saídas (*outputs*) - informação produzida pelo sistema que é necessária para tomar decisões, para determinar operações de controlo ou para resolver problemas. Esta informação é, assim, disponibilizada às pessoas e/ou actividades que dela necessitam.

O SI necessita, por vezes, de ser realimentado, dado que pode necessitar de dados já processados (informação) para voltar a processar novos dados. Sendo a realimentação (*feedback*) a saída que é devolvida ao utilizador do SI para o ajudar a avaliar ou corrigir a entrada (Dugan e Fulweiler, 2001; Laudon e Laudon, 2006). Na figura 2.2 representam-se as actividades descritas e a sua interacção num SI.

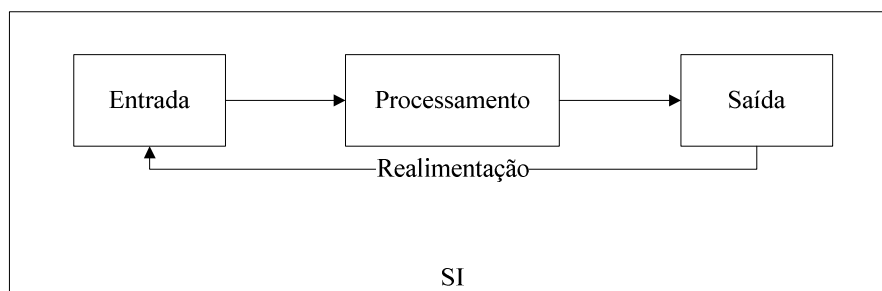


Figura 2.2 - Actividades num Sistema de Informação.²

² Adaptado de Laudon e Laudon (2006).

Associados aos SI estão também os conceitos de fronteira e interfaces. A fronteira delimita o SI, diferenciando o seu âmbito de aplicação do ambiente externo e definindo a área de responsabilidade de cada utilizador perante o sistema. A interface permite aos utilizadores introduzirem os dados de entrada e transmite as saídas do sistema (Schultheis et al., 1992).

Os sistemas podem ser considerados, segundo Schultheis et al. (1992), abertos ou fechados, consoante existem, ou não, trocas com o ambiente que os rodeia. Os sistemas abertos necessitam de troca constante de informação e de material com o exterior, mantendo-se, assim, permanentemente actualizados.

Os SI podem ser compostos por subsistemas interrelacionados e interdependentes (Schultheis et al., 1992). Como exemplo, pode referir-se que os sistemas de nível intermédio de uma organização devem estar relacionados com os sistemas do nível operacional, dependendo, ao nível das entradas, dos dados que estes lhe facultam. A organização pode ter vários SI, onde alguns utilizam a informação de outros como dados de entrada, havendo assim um encadeamento entre os sistemas.

No contexto organizacional, alguns autores definem SI organizacional como sendo um SI geral que interliga outros SI. Assim, para Marcelino (1995, citado por Amaral et al., 2005) SI organizacional é um conjunto de meios e procedimentos que através de mecanismos de representação, tem por finalidade explícita ou resultado implícito, fornecer aos diferentes membros da organização uma percepção do estado e do funcionamento da dita organização e do seu meio envolvente e suportar, de modo operacional, as actividades do sistema de operações cujo objecto seja informação. Caldeira (2005, citado por Amaral et al., 2005), por sua vez, define SI organizacional como um sistema aberto com objectivos definidos, funcionando, formal ou informalmente, em interligação com outros SI, contribuindo para o desenvolvimento de SI interorganizacionais e facilitando a cooperação empresarial e a globalização da economia. Segundo Amaral et al. (2005), estes sistemas deverão facultar, aos responsáveis pela decisão, a informação necessária para a tomada de decisão e deverão possuir métodos de representação da estrutura e dinâmica da organização, assim como um conjunto de meios de tratamento de dados e informação.

Os SI devem representar a informação de uma forma o mais adequada possível às necessidades da organização. Holmes (1984, citado por Zorrinho, 1990) diz que quanto maior for a divergência entre um SI e o seu contexto, mais ele será rejeitado ou modificado, reduzindo a sua capacidade de se traduzir numa mudança significativa.

No ponto seguinte analisam-se alguns tipos de Sistemas de Informação. Em primeiro lugar, examinam-se algumas classificações de sistema de informação através de áreas funcionais, de seguida através de níveis organizacionais e por último através das suas características funcionais.

2.3.2 Tipos de Sistemas de Informação

Segundo Laudon e Laudon (2006), as classificações mais comuns para os SI nas organizações são a classificação por áreas funcionais da organização e a classificação por níveis organizacionais.

2.3.2.1 Classificação dos Sistemas de Informação com base nas Áreas Funcionais da Organização

Segundo Rascão (2004) e Laudon e Laudon (2006), as principais áreas funcionais na organização, para uma empresa industrial, são: Vendas e Marketing, Fabrico e Produção, Financeiro e Contabilidade e Recursos Humanos. Os SI para cada uma destas áreas definem-se resumidamente como se segue:

- **Sistemas de Vendas e Marketing** - Estes tipos de sistemas auxiliam nas actividades do marketing e vendas da organização. O marketing ajuda a identificar os clientes para os produtos ou para os serviços da empresa, prevendo as necessidades dos clientes, planeando e desenvolvendo produtos e serviços para satisfazerem as necessidades, e publicitando e promovendo esses mesmos produtos e serviços. O gestor responsável pela função das vendas preocupa-se com o contacto com os clientes, com as encomendas e com o acompanhamento de todo o processo de venda;

- **Sistemas de Fabrico e Produção** - Estes sistemas ajudam os responsáveis na actualização da produção de bens e serviços da empresa. Lidam com o planeamento, desenvolvimento e manutenção da produção, estabelecem metas de produção, aquisição, armazenamento e disponibilidade de materiais para a produção e determinam quais os equipamentos, as instalações, os materiais e a mão-de-obra necessárias para fabricar os produtos;
- **Sistemas Financeiro e Contabilidade** - Estes sistemas apoiam a gestão dos bens financeiros da empresa, tais como o dinheiro em caixa, as acções, as obrigações e outros investimentos, para obtenção de retorno máximo dos bens financeiros. A gestão dos capitais da empresa necessita de determinar como obter o melhor retorno sobre o investimento e encontrar novos activos financeiros em acções, obrigações ou outras formas de dívidas. O gestor do sistema da função de contabilidade é responsável pela manutenção e gestão dos registos financeiros da empresa, como por exemplo: recibos, reembolsos e salários;
- **Sistemas de Recursos Humanos** - Estes sistemas suportam actividades tais como identificar potenciais colaboradores, manter os registos completos actualizados dos funcionários e atrair, desenvolver e manter os recursos humanos na organização. As principais actividades são o recrutamento e selecção, a avaliação do desempenho, a formação e o pagamento das remunerações (Laudon e Laudon, 2006).

De seguida apresentam-se, de um modo geral, várias classificações de sistemas de informação por níveis organizacionais.

2.3.2.2 Classificação dos Sistemas de Informação com base nos Níveis Organizacionais

Segundo Gouveia e Ranito (2004), Rascão (2004) e Laudon e Laudon (2006), as categorias dos SI que servem os diferentes níveis organizacionais são:

- **Sistemas de Nível Operacional** - Estes sistemas suportam a gestão operacional que trata de actividades elementares e de transacções da organização e

estão orientados para as tarefas do dia-a-dia, produzindo informação de rotina, repetitiva, descritiva, esperada, detalhada e altamente estruturada e precisa. As suas principais finalidades são registar os dados gerados pelas actividades, descrever os factos passados relacionados com actividades e/ou responder às questões de rotina da organização;

- **Sistemas de Nível de Gestão** - Estes sistemas ajudam o gestor nas funções de supervisão, controlo, tomada de decisão e nas actividades administrativas. Estes sistemas suportam as tomadas de decisão não rotineiras e menos estruturadas. Muitos dos dados utilizados para estes sistemas são recolhidos pelos sistemas operacionais e podem ser combinados com a informação dos sistemas das áreas funcionais. Estes sistemas produzem informação numa base regular mas também gerem informação comparativa, produzem informação sumariada onde incluem informação interna e externa e processam informação subjectiva e objectiva;
- **Sistemas de Nível Estratégico** - Estes sistemas apoiam o gestor na resolução de questões estratégicas e de longo prazo, para além da utilização da informação interna usam também a informação externa do meio envolvente. Estes sistemas estão orientados para a definição e controlo dos objectivos estratégicos da organização. Permitem o planeamento de longo prazo, integrando informação histórica, multidimensional, hierárquica e que abrange as diversas áreas da organização.

A classificação por áreas funcionais específicas da organização, descrita anteriormente, pode ser cruzada com a classificação por níveis organizacionais. Na figura 2.3 ilustra-se a classificação de sistemas por áreas funcionais cruzada com os três níveis organizacionais.

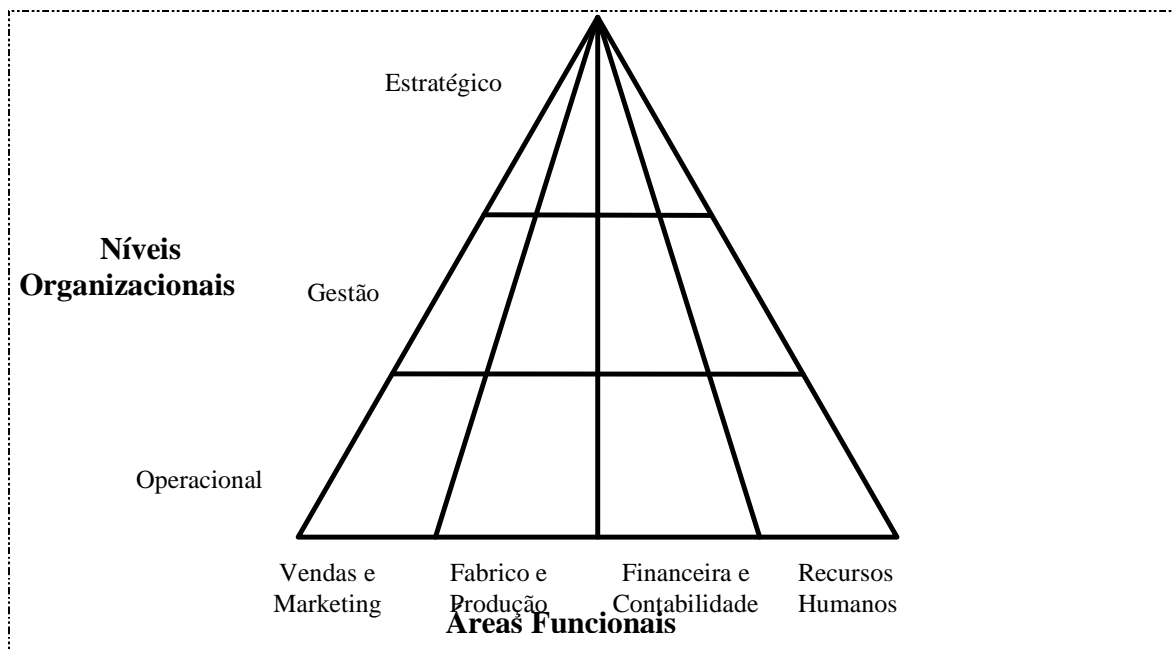


Figura 2.3 - Classificação por Áreas Funcionais e Níveis Organizacionais.³

Os Sistemas de Vendas e Marketing do nível Operacional, ajudam a localizar e a contactar com os potenciais clientes, acompanhando a evolução das vendas, processando encomendas e apoiando o serviço aos clientes, enquanto que, no nível de Gestão, estes sistemas apoiam a pesquisa de mercado, a publicidade, as campanhas de promoção e a relação qualidade/preço dos produtos. No nível Estratégico, os sistemas estão orientados para a definição e controlo dos objectivos comerciais, para acompanhar as tendências que afectam os novos produtos e as oportunidades de venda e o desenvolvimento dos concorrentes (Rascão, 2004; Laudon e Laudon, 2006).

Os utilizadores dos Sistemas de Fabrico e Produção no nível Operacional lidam com as tarefas diárias da produção e gerem os fluxos físicos das matérias-primas na fabricação de produtos. No nível de Gestão, analisam e controlam o custo e os recursos do fabrico e da produção e, no nível Estratégico, lidam com as metas de longo prazo para a fabricação,

³ Adaptado de Laudon e Laudon (2006).

como por exemplo o planeamento de novos produtos ou investimento em nova tecnologia para a produção (Rascão, 2004; Laudon e Laudon, 2006).

Os Sistemas Financeiro e de Contabilidade no nível Operacional produzem a informação de rotina, repetitiva, típica orientada para as tarefas que focam o registo das transacções financeiras. Estes sistemas para o nível de Gestão constituem um repositório de informação financeira que apoiam o gestor na tomada de decisão de gerir os recursos financeiros tendo em conta os objectivos a atingir e ajudam, assim, o gestor a orientar e a controlar os recursos financeiros da empresa. Os sistemas da função financeira e de contabilidade para o nível Estratégico estabelecem as metas para o investimento de longo prazo (Rascão, 2004; Laudon e Laudon, 2006).

Os Sistemas de Recursos Humanos no nível Operacional seguem as rotinas diárias de recrutamento e de colocação de funcionários na empresa, enquanto que, no nível de Gestão, ajudam o gestor a verificar e analisar o recrutamento e a atribuição das remunerações aos empregados. Os sistemas no nível Estratégico identificam os requisitos necessários e permitem seleccionar colaboradores com vista ao bom funcionamento da organização (Rascão, 2004; Laudon e Laudon, 2006).

Para cada área funcional, Rascão (2004) faz corresponder os três níveis organizacionais às áreas funcionais e exemplifica alguns SI. A tabela 2.1 apresenta alguns exemplos de SI distribuídos pelos níveis organizacionais e pelas áreas funcionais.

	Operacional	Gestão		Estratégico	
Vendas e Marketing	SI de Contactos com Clientes SI dos Pedidos Documentais de Clientes SI de Telemarketing SI de Direct-Mail SI de Pedidos de Clientes através da Internet SI de Logística	SI de Preços SI do Orçamento de Marketing SI de Comunicação SI para a Gestão da Equipa de Vendas SI da Distribuição		SI de Pesquisa de Mercado SI de Análise das Vendas	
Fabrico e Produção	SI para Gestão de Produtos SI para a Gestão das Compras SI para a Recepção de Produtos SI da Programação da Produção SI para o Controlo da Produção SI para o Controlo da Qualidade da Produção	SI para a Gestão de Stocks SI para o Planeamento da Produção SI para o Planeamento de Capacidades da Produção SI para a Análise e Simulação SI para a Manutenção SI de Custeio da Produção SI para a Avaliação do Desempenho da Produção		SI para a Gestão da Produção Assistida por Computador	
Financeiro e Contabilidade	SI para a Gestão da Facturação SI para a Gestão das Contas a Receber SI para a Gestão das Contas a Pagar SI para a Gestão do Imobilizado SI para a Gestão Contabilística SI para a Gestão dos Seguros	Planeamento e Controlo dos Recursos Financeiros	SI para a Gestão de Projectos de Investimento SI para a Gestão Orçamental	Definição dos Objectivos Financeiros	SI para a Definição dos Objectivos Financeiros SI para a Avaliação de Projectos de Investimento
		Captação de Recursos Financeiros	SI para a Determinação das Necessidades de Recursos Financeiros SI para a Gestão dos Empréstimos e Financiamentos		O Controlo da Gestão
		Gestão dos Recursos Disponíveis	SI para a Gestão das Aplicações Financeiras SI para a Gestão de Tesouraria		
Recursos Humanos	SI para o Controlo das Presenças/Ausências SI do Cadastro de Pessoal	SI de Recrutamento e Selecção das Pessoas SI das Remunerações do Pessoal SI do Desenvolvimento das Pessoas SI de Informação de Planeamento das Necessidades de Pessoas SI de Formação das Pessoas SI para a Gestão da Saúde Ocupacional das Pessoas		SI de Avaliação do Desempenho das Pessoas SI do Balanço Social e da Qualidade de Vida	

Tabela 2.1 - Exemplos de Sistemas de Informação Distribuídos pelos Níveis Organizacionais e pelas Áreas Funcionais.⁴

⁴ Adaptado de Rascão (2004).

Uma outra classificação feita por Gouveia e Ranito (2004) e por Laudon e Laudon (2006) enquadra-se nos níveis organizacionais já referidos. Assim, no nível Estratégico, encontram-se os Sistemas de Suporte Executivo (ESS - *Executive Support Systems*), no nível de Gestão, identificam-se os Sistemas de Informação de Gestão (MIS - *Management Information Systems*) e os Sistemas de Suporte à Decisão (DSS - *Decision Support Systems*) e, no nível Operacional, encontram-se os Sistemas de Processamento de Transacções (TPS - *Transaction Processing Systems*).

Gouveia e Ranito (2004) adicionam outro nível aos níveis organizacionais já citados - o nível Conhecimento - situado entre o nível Operacional e o nível de Gestão. No nível Conhecimento enquadram os Sistemas de Suporte ao Conhecimento (KWS - *Knowledge Work Systems*) e os Sistemas de Automação de Escritórios (OAS - *Office Automation System*).

Os sistemas do nível Conhecimento, segundo Gouveia e Ranito (2004), apoiam o trabalho de quem lida com dados e conhecimento. Devem ser flexíveis porque permitem integrar novo conhecimento e controlar o fluxo de trabalho, devendo, também, ser fáceis de utilizar. São, normalmente, baseados em soluções já existentes, em pacotes que fornecem grande parte das funcionalidades requeridas, sendo a sua implementação baseada na adaptação à organização.

Assim para os diferentes níveis organizacionais são destacados os SI indicados na figura 2.4, onde se representa, igualmente, a interligação entre os diversos tipos de SI.

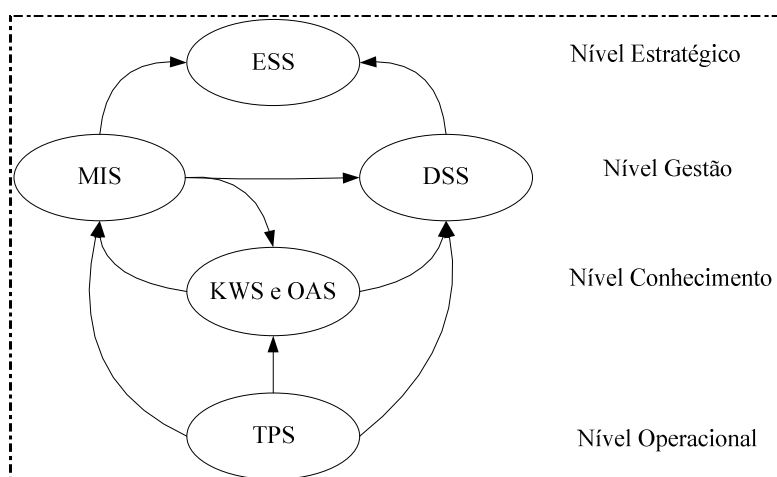


Figura 2.4 - Interligação de Sistemas de Informação Distribuídos pelos Níveis Organizacionais.⁵

⁵ Adaptado de Gouveia e Ranito (2004).

Analisando a figura 2.4, pode-se verificar que para o nível Operacional se utilizam os TPS que são sistemas básicos do negócio, informatizados, que realizam transacções e registam rotinas necessárias.

Já ao nível Conhecimento os KWS auxiliam na criação e integração de novos conhecimentos na organização e os OAS são destinados ao aumento da produtividade do processamento da informação e não na criação da informação. Estes tipos de sistemas enquadram várias aplicações como por exemplo processador de texto, correio electrónico, calendário electrónico.

No nível de Gestão os MIS ajudam o gestor principalmente na planificação das funções, no controlo e na tomada de decisão e geralmente dependem dos TPS para os dados de entrada. Os DSS ajudam o gestor na tomada de decisão e por vezes utilizam informação dos TPS e MIS.

No nível Estratégico os ESS ajudam os gestores de topo na tomada de decisão, que não são de rotina, mas de avaliação e de progresso para a empresa.

Parker (1993) classifica os SI nas cinco categorias descritas abaixo, enquadrando-os em níveis organizacionais:

- Sistemas de Processamento de Dados (*Data Processing Systems*) - servem apenas uma área funcional da empresa e enquadram-se no nível Operacional;
- Sistemas de Informação de Gestão (MIS - *Management Information Systems*) - consistem em estruturas integradas de bases de dados e de fluxo de informação que optimizam a recolha, transferência e apresentação da informação nos diferentes níveis de uma organização. Relativamente aos anteriores têm maior flexibilidade, maior integração da informação nas diferentes áreas funcionais da empresa, maior rapidez na obtenção da informação e fornece a informação a todos os níveis de gestão da organização. Estes tipos de sistemas, juntamente com o anterior são habitualmente designados por sistemas transaccionais porque suportam as operações ou transacções da empresa e estão ligados ao nível Operacional da organização;
- Sistemas de Suporte à Decisão (DSS - *Decision Support Systems*) – ajudam os gestores do nível de Gestão e do nível Estratégico nas tomadas de decisões, optimizando os resultados obtidos melhorando a qualidade das decisões;

- Sistemas de Suporte Executivo (ESS - *Executive Support Systems*) – são usados pelo nível Estratégico da organização. A informação obtida destes sistemas deve abranger todas as operações e funções da organização, ajudando o gestor na elaboração de planos estratégicos;
- Sistemas Periciais (EXS - *Expert Systems*) - fazem parte do domínio da inteligência artificial e diferenciam-se dos outros sistemas porque se baseiam em conhecimento.

2.3.2.3 Classificação dos Sistemas de Informação com base nas suas Características Funcionais

A classificação de Alter (1999) baseia-se numa mistura de critérios e apresenta seis tipos de SI, diferenciados pelas funções e características de cada um:

- Sistemas de Processamento de Transacções (TPS - *Transaction Processing Systems*) - recolhem e mantêm a informação sobre transacções e controla pequenas decisões que fazem parte das transacções;
- Sistemas de Informação de Gestão (MIS - *Management Information Systems*) – convertem informação sobre transacções em informação para a gestão da organização;
- Sistemas de Suporte a Decisão (DSS - *Decision Support Systems*) - ajudam os utilizadores na tomada de decisões não estruturadas fornecendo-lhes informação, modelos e ferramentas para analisar a informação;
- Sistemas de Informação para Executivos (EIS - *Executive Information Systems*) - fornecem aos gestores, de modo muito interactivo e flexível, acesso à informação geral para a gestão da organização;
- Sistemas Periciais (EXS - *Expert Systems*) - ajudam os profissionais no desenho, no diagnóstico e na avaliação de situações complexas que requerem conhecimento especializado em áreas bem definidas;
- Sistemas de Automação de Escritório (OAS - *Office Automation Systems*) - mantém as tarefas de comunicação e processamento de informação características de ambiente de escritório.

Ein-Dor e Segev (1993) classificaram 17 principais tipos de SI, diferenciados através das suas características tecnológicas e funcionais. Os 17 tipos são explicados seguidamente:

- Computação Primitiva (*Early Computation*) - estes sistemas executam cálculos repetitivos e de rotina, como por exemplo inversão de matrizes e resolução de equações;
- Processamento de Dados Primitivo (Early DP - *Early Data Processing*) – este sistema efectua operações ou combinação de operações sobre dados: calcular, reunir, compilar, interpretar, gerar, traduzir, conservar, recuperar, transferir, seleccionar, extrair, substituir, pesquisar, classificar, ler, escrever, imprimir e apagar;
- Sistema de Informação de Gestão (MIS – *Management Information System*) – este sistema apresenta os seguintes elementos físicos: hardware, software, base de dados e procedimentos. É um sistema de informação organizacional baseado em computação que fornece informação para apoiar as actividades e funções da gestão. As bases de dados e software de gestão de bases de dados geralmente fazem parte destes SI;
- Sistema de Apoio à Decisão (DSS - *Decision Support System*) - consiste numa base de dados e numa interface de utilizador. Suporta a tomada de decisão facilitando a análise do procedimento e/ou das operações;
- Sistema de Informação de Escritório/Automação de Escritório (OIS/OA - *Office Information Systems/Office Automation*) - as principais componentes funcionais que se incluem neste sistema são o processamento de texto, e-mail, armazenamento e extracção de informação, auxiliando assim as funções pessoais e as tarefas de gestão;
- Sistema de Informação para Executivos (EIS - *Executive Information Systems*) – este sistema ajuda os executivos e os gestores no controlo da necessidade de informação de forma flexível;
- Sistema de Apoio à Decisão em Grupo (GDSS - *Group Decision Support Systems*) - sistema interactivo que facilita a solução de problemas para que um conjunto de decisores trabalham em grupo;

- Sistema Pericial (*Expert Systems*) – este sistema baseia-se em conhecimento e efectua inferências para o desempenho de tarefas. Inclui uma interface com uma linguagem natural para facilitar a comunicação como utilizador;
- Processamento de Dados Maturo (Mature DP - *Mature Data Processing*) - não há diferença entre dados processados e dados comunicados e também não há diferença entre dados, voz e vídeo;
- Computação Científica (*Scientific Computation*) – com este tipo de sistema obtém-se solução para equações ou funções matemáticas, como exemplo, o SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) que consiste numa aplicação de tratamento estatístico de dados;
- Planeamento Requisitos de Materiais (MRP - *Material Requirements Planning*) - sistema para gestão do inventario e do escalonamento da produção;
- Planeamento de Recursos de Produção (MRP II - *Manufacturing Resource Planning*) - expansão da missão dos MRP;
- Desenho Assistido por Computador (CAD - *Computer Aided Design*) - sistema para os engenheiros criarem desenhos dos produtos;
- Produção Assistida por Computador (CAM - *Computer Aided Manufacturing*) – sistema que auxilia o fabrico e/ou a montagem do produto;
- Desenho Assistido por Computador/Produção Assistida por Computador (CAD/CAM - *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*) – sistema com tecnologia agregada que consiste na interacção gráfica por computador, gestão de base de dados para o desenho e produção, controlo numérico das máquinas, robôs e visão computadorizada;
- Robôs de Produção (*Manufacturing Robots*) – sistema com reconhecimento baseado em modelos, programação e controlo de manipuladores que é um dos paradigmas chave na visão por computador e robótica. Os dados são obtidos de múltiplos sensores;
- Comando, Controlo, Comunicação e Inteligência (C³I - *Command, Control, Communications, and Intelligence*) – este sistema apresenta quatro componentes: posto de comando, sensores, *links* de comunicação e procedimentos.

Com base nestes SI, Ein-Dor e Segev (1993), identificaram e definiram 31 tipos distintos de componentes/atributos (por exemplo: *hardware*, *software*, gráficos, menus, imagens, etc.) e 27 tipos de funções (como por exemplo: entradas, saídas, interfaces, processamento, etc.), tendo analisado todos os atributos e funções de forma a descrever cada SI em dois vectores (vector de atributos e vector de funções) de 0s e 1s, onde o 1 representa a existência de atributo ou função e o 0 representa a não existência de atributo ou função.

De seguida, compararam cada sistema com os restantes e calcularam a dissemelhança de cada par de sistemas em termos de atributos e funções, através da equação seguinte: $D_{xy} = \sum |V_{x_i} - V_{y_i}|$, onde D_{xy} representa o valor da dissemelhança entre os sistemas x e y para os atributos ou funções i , V representa o valor binário relativo à existência ou não do atributo/função i no sistema em causa (x ou y). Pode, assim, verificar-se que o valor de $|V_{x_i} - V_{y_i}|$ é zero para $V_{x_i} = V_{y_i}$ ou um para $V_{x_i} \neq V_{y_i}$.

A partir dos resultados das duas matrizes de dissemelhança (atributo, função), os autores, utilizaram a técnica *Multidimensional Scaling* (MDS) para distribuir os sistemas em duas dimensões: os sistemas menos similares, mais afastados, e os sistemas mais semelhantes, mais próximos.

Segundo Hair et al. (1998), o MDS é um procedimento que determina a percepção relativa à um conjunto de objectos em imagens, sendo que o objectivo desta técnica é transformar os julgamentos similares em distâncias representadas no espaço multidimensional. Esta técnica organiza objectos (por exemplo, cidades) num espaço com um número particular de dimensões (por exemplo, duas dimensões num mapa) de modo a reproduzir as distâncias observadas (por exemplo, num mapa, norte/sul e este/oeste) (StatSoft, 2008).

Ein-Dor e Segev (1993) utilizam a técnica para localizar a menor dimensão espacial na qual os pares de sistemas podem ser apresentados com um grau aceitável de aproximação. Os autores apresentam os sistemas com dois diagramas, figuras 2.5 e 2.6.

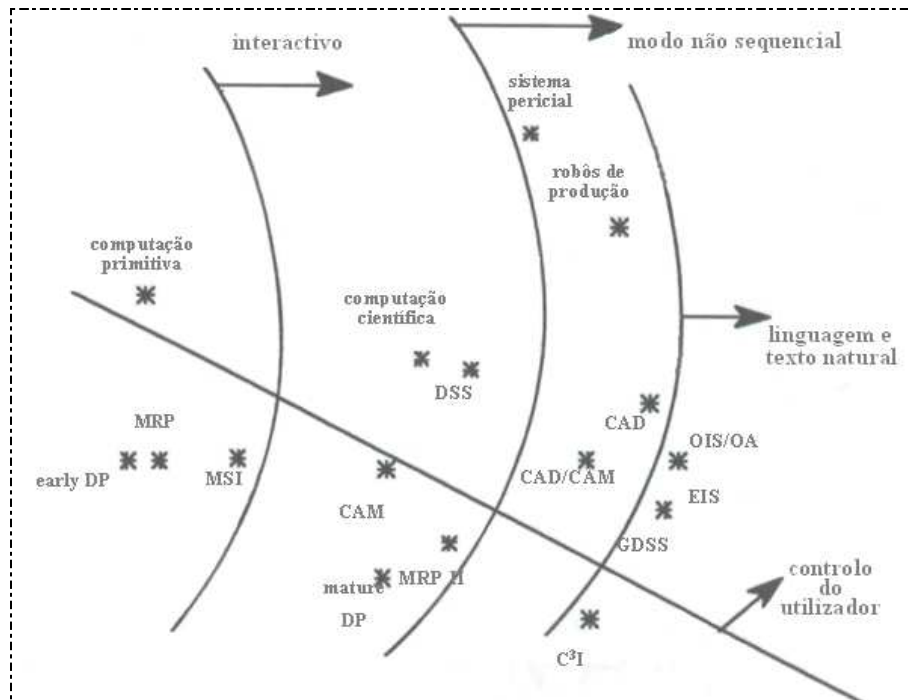


Figura 2.5 - Escalonamento de Atributos.⁶

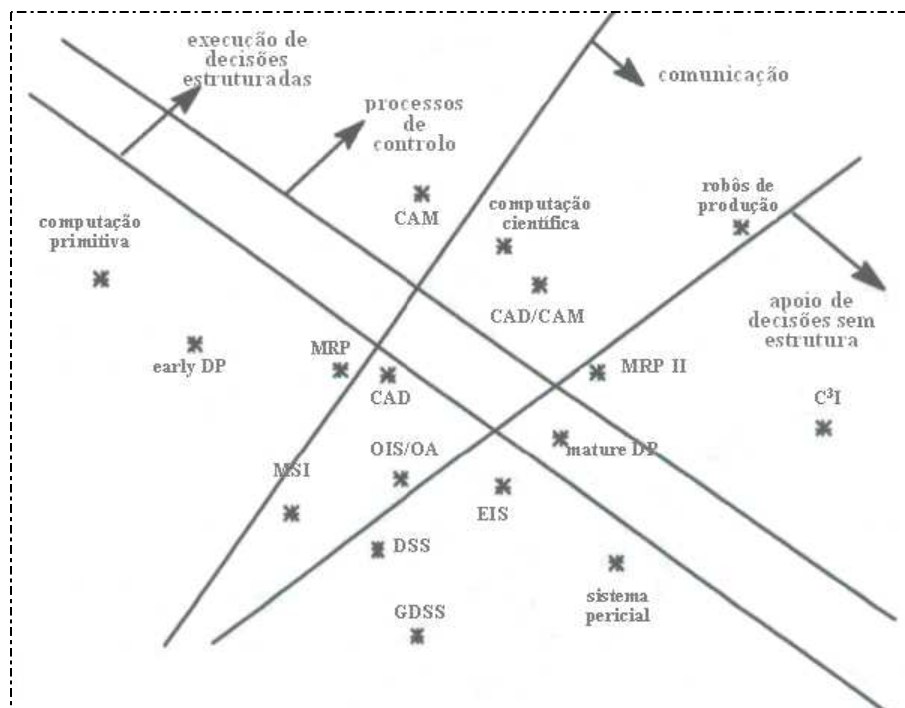


Figura 2.6 - Escalonamento de Funções.⁶

⁶Adaptado de Ein-Dor e Segev (1993).

É interessante verificar que analisando as figuras 2.5 e 2.6, da esquerda, para a direita a ordem pela qual aparecem os sistemas é muito semelhante à ordem cronológica de apresentação dos sistemas. As linhas das figuras 2.5 e 2.6 delimitam alguns conjuntos de sistemas onde os que estão do lado direito da seta possuem o atributo ou a função correspondente à curva e os sistemas do lado esquerdo não possuem a referida característica. Naturalmente, se fizessem corresponder uma partição a cada característica, cada sistema estaria numa partição em separado, excepto quando dois ou mais sistemas possuíssem exactamente as mesmas funções ou atributos.

Na secção seguinte analisam-se algumas Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas de Informação.

2.4 Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas de Informação

Esta secção destina-se ao estudo das Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas de Informação (MDSI). Segundo Avison e Fitzgerald (2003), MDSI são definidas como uma colecção de procedimentos, técnicas, ferramentas e ajudas documentadas, baseadas normalmente em modelos visuais, que ajudam a desenvolver um sistema.

Verifica-se, na prática, normalmente que não são seguidos todos os passos preconizados pelas MDSI. Segundo o estudo de Fitzgerald (1998) apenas 6% dos inquiridos utilizam uma metodologia rigorosamente. Este estudo consistiu na análise de um questionário efectuada a 776 organizações, das quais 107 são departamentos de investigação universitários, 331 empresas de *software* e tecnologia e 338 organizações com departamento de informática que incluem gestores e analistas de SI. Estas organizações têm em média 15 anos de experiência no ramo de desenvolvimento de sistemas de informação e estes projectos requerem cerca de três responsáveis pelo desenvolvimento do sistema e têm uma duração de pelo menos seis meses. O mesmo estudo conclui, também, que as metodologias não são aplicadas da mesma forma por diferentes responsáveis do desenvolvimento e não são utilizadas da mesma forma pelo mesmo responsável em projectos diferentes. O trabalho desenvolvido por Fitzgerald

(1998) refere, ainda, que muitas das metodologias usadas são provenientes de práticas e de conceitos relevantes de projectos desenvolvidos anteriormente.

Segundo Avison et al. (1992), as organizações identificam regularmente a necessidade de utilização de metodologias, mas isso não quer dizer que as utilizam em particular. Muitas vezes, usam uma combinação de várias metodologias que consideram apropriadas para a situação em causa. Para a escolha de uma metodologia deve-se seleccionar uma abordagem que identifique e satisfaça os requisitos dos utilizadores. Desta forma, metodologias diferentes podem ser usadas em situações diferentes consoante o projecto e/ou o problema a resolver.

Como referem Iivari et al. (2001), existe uma constante proliferação de novos métodos de desenvolvimento de sistemas de informação. Assim, neste trabalho, referem-se apenas algumas delas. Inicialmente, apresenta-se a metodologia *Business Systems Planning* (BSP), por ter sido uma das primeiras a surgir. De seguida, apresenta-se uma outra metodologia referida por Lopes (1997) como metodologia «clássica» com uma estrutura simples. Por último, a metodologia *Framework for the Application of Systems Thinking* (FAST) que foi desenvolvida por Whitten et al. (2004) com base num conjunto de boas práticas encontradas numa análise efectuada a várias metodologias.

2.4.1 Metodologia *Business Systems Planning* (BSP)

A metodologia *Business Systems Planning* (BSP) foi desenvolvida pela empresa *International Business Machines* (IBM) em 1970. O objectivo desta metodologia é fornecer um plano de desenvolvimento de sistemas de informação que suporte as necessidades de informação do negócio, a curto e a longo prazo, e que seja coerente com o plano do negócio (IBM, 1984 citado por Lopes, 1997). Ou seja, o objectivo é modelizar o negócio e não propriamente modelizar os sistemas informáticos. Nesta metodologia, os processos dependem da missão da organização e não dependem dos objectivos estratégicos. Segue uma trajectória que parte do global para o elementar, devendo-se considerar a organização como um todo, seguindo-se cada sector em particular. Admite duas fases distintas: na primeira, constrói-se um modelo da organização em torno dos processos e da informação e, na segunda, valida-se esse modelo e identificam-se os problemas e as orientações estratégicas (Amaral et al.,

2005). Para Schultheis et al. (1992), o objectivo deste método é definir as prioridades de necessidade de informação que suporta o negócio.

Segundo esta metodologia um SI deve:

- Estar ao serviço dos objectivos do negócio;
- Servir todos os níveis de gestão;
- Garantir a consistência da informação;
- Sobreviver às alterações na organização e na gestão da empresa;
- Ser implementado por fases em vários projectos (Lopes, 1997).

A aplicação desta metodologia, segundo Schultheis et al. (1992), desenrola-se em doze etapas:

1. Garantir o empenhamento dos executivos;
2. Preparar o estudo;
3. Iniciar o estudo;
4. Definir os processos de negócio;
5. Definir as classes de dados;
6. Determinar as perspectivas executivas;
7. Avaliar os processos do negócio;
8. Definir a arquitectura da informação;
9. Determinar prioridades para a arquitectura da informação;
10. Rever a gestão dos recursos de informação;
11. Preparar as recomendações;
12. Elaborar o relatório com os resultados.

Segundo Zachman (1982), esta metodologia apresenta pontos fracos e fortes. Os primeiros resultam da análise ao estudo que depende da compreensão do problema pela equipa de trabalho e do difícil estabelecimento da ponte entre a actividade de planificação do estudo e a implementação. Os pontos fortes relacionam-se com o facto de esta abordagem estar estruturada para lidar com problemas complexos e ajudar a estabelecer a comunicação entre os vários intervenientes no processo. A metodologia BSP baseia-se no plano estratégico do negócio da organização e, ao executar rigorosamente as doze fases, pode acarretar custos (tempo e recursos humanos).

Esta metodologia foi aplicada, por exemplo, por Mascarenhas (1986) no seu trabalho intitulado de “*A Proposal for a Computer-Based Information System to Support the Portuguese Air Force War College (IAEFA)*”, para desenvolver um sistema de informação para o Instituto de Altos Estudos da Força Aérea (IAEFA) e por Duckworth (1986) no seu trabalho “*An Investigation of IBM's Business Systems Planning (BSP) as a Suitable Methodology for Strategic Information Systems Planning for the Naval Reserve*”, para analisar a organização da reserva Naval.

2.4.2 Metodologia «clássica»

Esta metodologia, segundo Lopes (1997), pode ser traduzida em cinco fases sequenciais, sendo que uma fase não deve ser iniciada sem que a anterior esteja concluída. A primeira fase refere-se à Análise do Sistema, as seguintes, ao Desenho do Sistema, à Programação, à Conversão, Arranque e Formação e, por último, à Estabilização e Manutenção.

Na tabela 2.2 descreve-se cada uma das fases da referida metodologia, indicam-se as etapas que se devem seguir, sugerem-se as ferramentas ou técnicas que se devem usar, indicam-se os documentos gerados e sugerem-se alguns cuidados a ter ao longo da aplicação do método.

Fases	Descrição	Actividades/Etapas	Ferramentas/Técnicas	Documentos produzidos	Cuidados a ter
Análise do Sistema	Estudo do sistema actual; Definição das necessidades do novo sistema;	Revisão do sistema vigente; Identificação dos objectivos do novo sistema; Descrição das eventuais limitações; Definição das potencialidades requeridas, resultantes da análise das necessidades;	Entrevista; Questionários; Estudos de documentos; Observação;	Especificações Funcionais – descrição dos resultados pretendidos, como consequência dos dados de entrada indispensáveis e do processamento adequado para os manipular;	Identificar os objectivos tendo em conta o aumento da produtividade e da vantagem competitiva da organização; Ter em atenção as limitações;
Desenho do Sistema	A partir da análise dos resultados pretendidos, constrói-se a estrutura mais adequada;	Desenho geral do sistema; Desenho da base de dados; Desenho detalhado do sistema;	Diagramas de fluxo de dados;	Representação gráfica do funcionamento do sistema e descrição gerais dos resultados a obter;	Necessidade de se obter um diálogo permanente com os utilizadores;
Programação	Codificar as instruções dos diferentes programas que irão fazer parte do SI;	Revisão das especificações; Identificação e descrição dos programas; Codificação, teste e documentação dos programas;	Técnicas de programação, por exemplo: programação orientada por objectos;		Testar cada programa individualmente;
Conversão, Arranque e Formação	Após a codificação e os testes individuais de todos os programas tem-se de testar e aceitar o novo SI e converter o antigo para o novo SI e arrancar com o novo;	Teste e aceitação do novo SI; Conversão do antigo para o novo SI e arranque do sistema novo; Plano de formação de utilizadores;		Aceitação por escrito do novo SI pela chefia de cada departamento de utilizadores; Manual de Utilização;	O plano de formação deve ser elaborado tendo em conta os utilizadores para que estes não o rejeitam psicologicamente;
Estabilização e Manutenção	Aperfeiçoar, corrigir adaptar, melhorar;	Estabilização; Manutenção;		Alteração e adaptação dos documentos do projecto;	Ter em conta o ciclo de vida do SI é necessário actualizar as suas funcionalidades;

Tabela 2.2 - As cinco fases da Metodologia «Clássica»⁷

⁷ Adaptado de Lopes (1997).

2.4.3 Metodologia *Framework for the Application of Systems Thinking* (FAST)

A metodologia *Framework for the Application of Systems Thinking* (FAST) usada por Whitten et al. (2004) foi desenvolvida com base num conjunto de boas práticas encontradas através da análise de várias metodologias de SI e é estruturada em oito fases:

1. **Definição do Âmbito do Projecto** - Consiste na definição do âmbito do projecto e no estabelecimento da fronteira do projecto. Nesta fase também devem-se definir os objectivos, os participantes, as restrições ou as limitações e, por último, devem-se apresentar o orçamento e o cronograma do projecto.
2. **Análise do Problema** - Os gestores do projecto e os analistas do sistema devem fazer um estudo sobre os sistemas existentes tendo em conta os pré-requisitos desta fase, que são o âmbito e a definição do problema que foram definidos e aprovados na fase anterior. Resulta desta fase um conjunto de objectivos para a melhoria do sistema que deriva da compreensão total do problema da organização.
3. **Análise dos Requisitos** - Esta fase define e ordena por prioridades os requisitos do negócio, sendo a fase mais importante para o desenvolvimento do sistema. O resultado da definição dos requisitos de negócio é a identificação das necessidades e das prioridades. Esta informação pode ser obtida através de entrevistas, questionários e reuniões.
4. **Desenho Lógico** - A fase do desenho lógico traduz os requisitos de negócio no modelo do sistema, ou seja, na representação gráfica do sistema. A modelização do sistema facilita a comunicação entre o utilizador do sistema, o designer do sistema e o arquitecto do sistema. Os resultados são: modelo lógico de dados, modelo lógico do processo e modelo lógico da interface.

5. Análise de Decisão - O propósito desta fase é identificar a solução candidata, analisar a solução quanto à sua exequibilidade e recomendar o sistema como solução. Esta fase pretende responder às seguintes questões:

- Qual a parte do sistema que será automatizada recorrendo às Tecnologias de Informação?
- Deve-se comprar software ou desenvolvê-lo?
- Deve-se desenvolver um sistema para utilização na rede interna ou uma solução baseado na Web?
- Que Tecnologias de Informação podem ser úteis para esta aplicação?

6. Desenho Físico e Integração - Transformar os requisitos, que foram representados parcialmente na fase quatro, em especificações físicas que vão guiar a construção do modelo. Resulta em especificações e modelos físicos, protótipos e processos remodelados. Devem-se respeitar normas específicas de modelização, procurando assegurar a precisão, usabilidade, fiabilidade, desempenho e qualidade do sistema. Existem duas filosofias para a modelização física:

- Modelização por especificação – criar um conjunto de esquemas (*blueprints*) para a sua construção;
- Modelização por protótipo – criar protótipos refinados com base no *feedback* dos utilizadores e de outros especialistas em modelização.

7. Construção e Testes – Esta fase consiste em criar e testar um sistema que satisfaz os requisitos identificados e as especificações do modelo físico e implementar as interfaces entre o novo sistema e os sistemas existentes, adicionalmente, criar documentação final.

8. Instalação e Entrega - Esta fase é uma fase de transição para a utilização do sistema no dia-a-dia da organização.

Esta metodologia segundo Whitten et al. (2004), pode ser aplicada usando três estratégias em alternativa:

1. Desenvolvimento por Modelos - Consiste na criação de modelos do sistema para ajudar a visualizar e analisar problemas, na definição dos requisitos de negócio e no desenho do SI. Referem-se três técnicas mais utilizadas para desenvolver esta estratégia:

- Modelização dos Processos – utiliza fluxogramas para ilustrar o fluxo dos dados do processo. Os diagramas de fluxo e os gráficos de estruturas contribuem significativamente para facilitar a comunicação entre os utilizadores e os especialistas que desenvolvem o sistema;
- Modelização dos Dados – é usada para modelizar os dados dos requisitos do negócio e para construir a base de dados para satisfazer os requisitos. Recorre-se frequentemente aos diagramas de Entidade – Relação;
- Modelização por Objectos – consiste em diagramas que documentam um sistema em termos de objectos e suas interacções, representam os dados e os processos. Resulta de técnicas avançadas que utilizam métodos e linguagens de programação baseadas na tecnologia orientada a objectos. Para se construir estes diagramas recorre-se, habitualmente, à Linguagem de Modelação Unificada (UML – *Unified Modelling Language*).

2. Desenvolvimento por Aplicação Rápida - Baseia-se na rapidez do processo de desenvolvimento interactivo e incremental usando o envolvimento dos utilizadores na construção rápida de um conjunto de protótipos funcionais que permite desenvolver o sistema final. Esta estratégia é mais utilizada em projectos pequenos ou de média dimensão.

3. Implementação de Pacotes de Aplicações Comerciais - É uma estratégia cada vez mais utilizada pelas organizações devido à grande oferta no mercado de aplicações informáticas. Posteriormente à definição e análise do problema e à modelização do sistema deve-se decidir qual a melhor solução: comprar uma aplicação informática ou desenvolvê-la.

A metodologia FAST, segundo Whitten et al. (2004), congrega um conjunto de boas práticas encontradas em várias metodologias comerciais e de referência, sendo, portanto,

uma metodologia flexível e ágil que pode ser utilizada em diferentes tipos de projectos e de estratégias.

A metodologia FAST é usada pelos alunos da UNITEC - *Institute of Technology* de Auckland no seu projecto final de curso, tendo sido apresentada na disciplina de Análise e Desenho de Sistemas e após ponderação da melhor metodologia que se adapta ao projecto (Lovell, 2003). Esta metodologia foi aplicada, por exemplo, num projecto denominado “*M² Worldwide VPN Project*” para uma organização mundial de investigação clínica que apoia ensaios clínicos e gere serviços para a indústria farmacêutica e de biotecnologia. Este projecto consiste em encontrar uma solução segura de Rede Privada Virtual (VPN - *Virtual Private Network*) para trocar dados confidenciais (dados de testes de novos medicamentos antes da sua aprovação) com as suas filiais (Novitzki et al., 2001).

2.5 Linguagem de Modelação Unificada (UML)

A Linguagem de Modelação Unificada (UML - *Unified Modelling Language*) permite traduzir os requisitos do sistema, apoiando assim, algumas das fases da metodologia de desenvolvimento de SI. Enquanto que a metodologia de desenvolvimento de um sistema de informação estabelece o que deve ser feito, como fazer, quando é que as actividades devem ser iniciadas e finalizadas e as interdependências entre estas, a linguagem UML, segundo Booch et al. (1999) e Bell (2003), ajuda a especificar, construir, visualizar e documentar um sistema, facilitando a comunicação entre os vários intervenientes no projecto. Esta linguagem foi adoptada pela organização *Object Management Group* (OMG) em 1995 como uma linguagem padronizada e de livre utilização. Um modelo em UML é constituído por um conjunto de diagramas dos quais se destacam o diagrama de casos de uso, o diagrama de actividades, o diagrama de sequência e o diagrama de classes.

O diagrama de actividades descreve a sequência de actividades do sistema, envolve vários casos de uso, descreve as actividades numa óptica de fluxo de trabalho e pode ser equiparado ao tradicional fluxograma (Nunes e O'Neil, 2003).

O diagrama de sequência é um diagrama que apresenta interacções entre objectos numa sequência temporal (Nunes e O'Neil, 2003).

Nos pontos seguintes apresentam-se os conceitos associados ao diagrama de casos de uso e ao de classes que são os diagramas mais usados para modelizar um sistema de informação, e que serão alvo de aplicação no estudo de caso no capítulo 4.

2.5.1 Diagrama de Casos de Uso

Diagrama de casos de uso, segundo Whitten et al. (2004), é um diagrama que representa a interacção entre o sistema e os utilizadores, ou seja, descreve quem usa o sistema e qual o caminho usado para interagir com o sistema. Para Nunes e O'Neil (2003), o diagrama de casos de uso identifica a fronteira do sistema e descreve os serviços (casos de uso) que devem ser disponibilizados a cada um dos diversos utilizadores (actores). Para complementar a modelização dos casos de uso Whitten et al. (2004) sugerem a utilização de narrativas descritivas que são descrições em texto das tarefas. Em suma, a modelização dos casos de uso é um processo que modela as funções do sistema, em termos de tarefas, dando a conhecer quem inicia a tarefa e como o sistema responde. Esta modelização pode ser traduzida nos seguintes passos: identificação dos actores, identificação dos casos de uso, construção do diagrama de casos de uso e documentação através das narrativas descritivas, dos casos de uso.

Um diagrama de casos de uso é constituído por actores, casos de uso e relações. Actores são entidades externas que interagem com o sistema. Os casos de uso são especificações de sequências de acções que um sistema pode realizar interagindo com actores. As relações são ligações entre dois elementos do diagrama e estas relações são do tipo: *Uses* ou *Include*, *Extends* e generalização. A relação «include» significa que um determinado Caso de Uso (CU) utiliza a funcionalidade disponibilizada num outro CU e

esta relação é útil quando existem casos de uso repetidos (Nunes e O’Neil, 2003). Na figura 2.7 pode-se ver, por exemplo, que a funcionalidade, Verificar Encomenda é utilizada quando se pretende executar a acção Cancelar Encomenda.

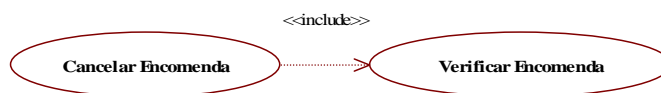


Figura 2.7 - Exemplo de Relação «include»⁸.

A relação «extends» ocorre quando existe um comportamento opcional que se deve incluir no caso de uso (Nunes e O’Neil, 2003). Por exemplo, na figura 2.8, o CU Efectuar Encomenda Internet tem um ponto de extensão Desconto p.6 que indica que no passo 6 (p.6) da descrição do CU será usado o comportamento do CU Desconto Internet.

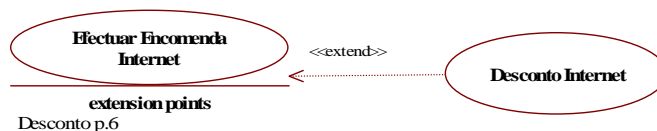


Figura 2.8 - Exemplo de Relação «extends»⁹.

A generalização é usada quando existe um caso de uso que é um caso particular de outro CU (Nunes e O’Neil, 2003). No exemplo da figura 2.9, pode-se verificar que o CU Efectuar Encomenda pode ser realizado de duas formas: através da Internet ou do Telefone.

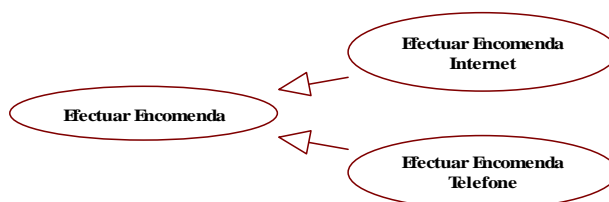


Figura 2.9 - Exemplo de Generalização¹⁰.

⁸ Adaptado de Schneider e Winters (2001).

⁹ Adaptado de Nunes e O’Neil (2003).

¹⁰ Adaptado de Schneider e Winters (2001).

2.5.2 Diagrama de Classes

O diagrama de classes descreve a estrutura da informação que é utilizada no sistema. Este diagrama é utilizado para desenhar a estrutura de dados para uma base de dados de forma a guardar a informação do sistema (Nunes e O'Neil, 2003). Esta técnica, segundo Whitten et al. (2004), permite organizar e documentar os dados do sistema.

Um diagrama de classes é constituído por classes, relações e multiplicidade. As classes representam uma abstracção sobre um conjunto de objectos que partilham a mesma estrutura e comportamento (Nunes e O'Neil, 2003). Por exemplo, na figura 2.10, a classe Cliente representa todos os clientes do sistema de informação que partilham os mesmos atributos (BI, Nome, Morada, Telefone).

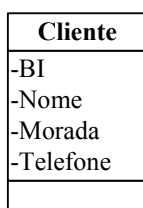


Figura 2.10 - Exemplo de Classe¹¹.

As classes são constituídas por atributos e operações. Os atributos são características das classes e podem apresentar restrições e as operações descrevem aspectos do comportamento de um objecto de uma classe. As restrições são condições para restringir o valor dos atributos das classes, por exemplo na figura 2.11, o tipo de preço é Normal ou Promoção:

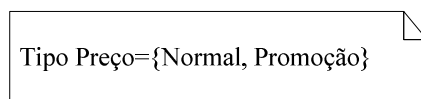


Figura 2.11 - Exemplo de Restrição¹¹.

As relações são as ligações entre as classes. Existem as associações, as classes associativas, as agregações, as composições e as generalizações. As associações são uma

¹¹ Adaptado de Nunes e O'Neil (2003).

ligação lógica entre classes que descrevem ligações entre objectos. A multiplicidade é uma restrição numa associação que especifica o número de objectos num extremo de uma associação que se pode relacionar com um objecto no outro extremo da relação. As multiplicidades mais frequentes nas associações são: “Um para Um”, “Um para Muitos” e “Muitos para Muitos” (Nunes e O’Neil, 2003). Nas figuras 2.12, 2.13 e 2.14 são apresentados exemplos destas associações, respectivamente:

- “Um para Um” - um carro tem uma matrícula e uma matrícula pertence a um só carro;

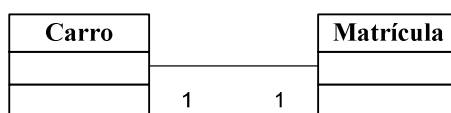


Figura 2.12 - Exemplo da associação “Um para Um”¹².

- “Um para Muitos” - um cliente efectua uma ou mais encomendas e uma encomenda diz respeito a um só cliente;

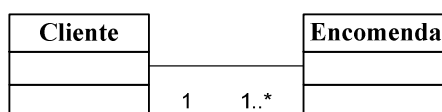


Figura 2.13 - Exemplo da associação “Um para Muitos”¹².

- “Muitos para Muitos” - uma encomenda refere-se a um ou vários produtos e um produto diz respeito a uma ou muitas encomendas.

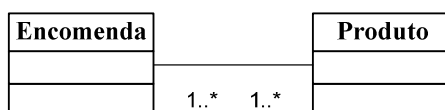


Figura 2.14 - Exemplo da associação “Muitos para Muitos”¹².

As classes associativas são modeladas para fornecer espaço de definição de atributos e operações que pertencem a uma associação entre classes e surgem, normalmente das relações de “Muitos para Muitos” (Nunes e O’Neil, 2003). Por exemplo, na figura 2.15, a

¹² Adaptado de Nunes e O’Neil (2003).

classe associativa Produtos Encomendados foi criada porque se pretende saber qual a quantidade de produtos encomendados.

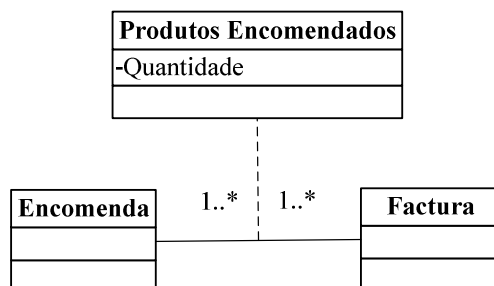


Figura 2.15 - Exemplo de Classe Associativa¹³.

A agregação representa uma associação entre um objecto que é o todo e os objectos que são as suas partes. Por exemplo, um restaurante possui um conjunto de mesas como representado na figura seguinte:

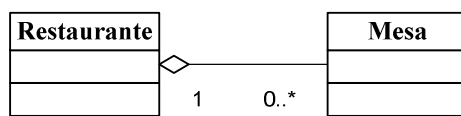


Figura 2.16 - Exemplo de Agregação¹³.

A composição é uma forma de agregação forte com uma dependência permanente entre o todo e as suas partes. A distinção entre agregação e a composição é mínima e o seu uso é deixando ao critério do analista (Nunes e O'Neil, 2003). Por exemplo na figura 2.17, a encomenda é composta por itens.



Figura 2.17 - Exemplo de Composição¹³.

¹³ Adaptado de Nunes e O'Neil (2003).

A generalização é uma relação que permite representar a noção de pertença ou especificidade (Ramos, 2006). Por exemplo na figura 2.18, um produto pode ser do tipo Bebida, Pizza e Salada:

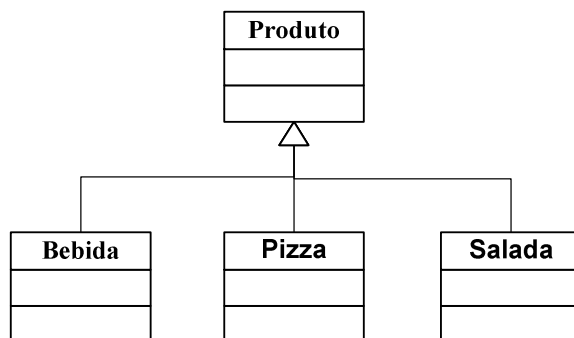


Figura 2.18 - Exemplo de Generalização¹⁴.

Na secção seguinte descrevem-se sucintamente o modelo relacional e as regras de transposição do diagrama de classes para o modelo relacional.

2.6 Modelo Relacional

O modelo relacional, segundo Bowers (1993, citado por Pereira, 1998), é um tipo de modelo de base de dados e, teve origem em 1969-1970 nos Laboratórios de Investigação da IBM na Califórnia por E.F. Codd. O modelo relacional evoluiu de conceitos teóricos tendo por base a teoria dos conjuntos, foi proposto em 1970 e começou a ser usado no início dos anos 80, sendo actualmente o suporte preferencial para armazenar informação (Ramos, 2006).

A maioria dos sistemas de informação suportam linguagens com capacidade para manipular informação armazenada num modelo relacional, nomeadamente através da Linguagem de Consulta Estruturada (SQL - *Structured Query Language*). Esta linguagem não manipula classes e não conhece o conceito de diagrama de classes (Ramos, 2006).

¹⁴ Adaptado de Nunes e O'Neil (2003).

Quando se utiliza o diagrama de classes para representar a informação de um SI é necessário transpor esse diagrama num modelo relacional.

No modelo relacional a informação é estruturada em relações ou tabelas, sendo uma estrutura bidimensional com um determinado esquema, com zero ou mais instâncias e é constituída por um ou mais atributos que traduzem o tipo de dados armazenados. Um conceito importante associado ao modelo relacional é o conceito de chave. A chave primária deve ser um atributo de preenchimento obrigatório, familiar do utilizador, numérico e de preferência ser único e a Chave Estrangeira é o conjunto de um ou mais atributos que é Chave Primária numa outra relação ou tabela (Ramos, 2006). A única forma de relacionar dados existentes em diferentes tabelas é através de atributos comuns às tabelas que se relacionam.

No modelo relacional, cada tabela é representada numa linha pelo seu nome e entre parênteses pelos seus atributos, separados por vírgula e sublinham-se os atributos que são chaves primárias e escrevem-se em itálico os atributos que são chaves estrangeiras.

A conversão de um diagrama de classes para um modelo relacional rege-se por um conjunto de regras:

- Cada classe do diagrama dá origem a uma tabela;
- Todos os atributos de uma classe são atributos da tabela que representa essa classe;
- Nas associações de “Um para Um” uma das tabelas herda a chave primária da outra tabela como chave estrangeira;
- Na associação de “Um para Muitos” a tabela do lado “Muitos” herda como chave estrangeira a chave da tabela do lado “Um”;
- As associações de “Muitos para Muitos “ originam uma nova tabela que representa a associação e a chave primária dessa tabela é composta pela chave das tabelas associadas;
- As classes associativas herdam as chaves primárias das tabelas que representam as classes envolvidas na associação;

- Na composição a classe componente herda para sua chave primária a chave primária da tabela que representa a classe composta;
- Na Generalização duas situações podem ocorrer:
 - As subclasses têm existência própria independentemente da supraclasse - a chave primária da tabela que implementa cada subclasse é obtida através dos seus próprios atributos. As subclasses terão como chaves estrangeiras a chave primária da supraclasse;
 - As subclasses só têm identidade enquanto associadas à supraclasse - As tabelas das subclasses herdam a chave primária da supraclasse (Ramos, 2006).

A figura 2.19 ilustra parte de um diagrama de classes:

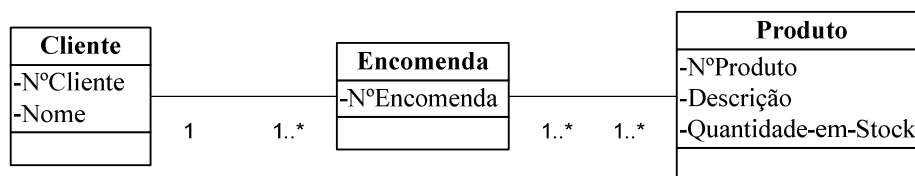


Figura 2.19 - Exemplo de parte um Diagrama de Classes ¹⁵.

Assim, o modelo relacional correspondente ao diagrama representado na figura 2.19 é o seguinte:

Cliente (NºCliente, Nome);

Encomenda (NºEncomenda, NºCliente);

Produto_Encomenda (NºEncomenda, NºProduto);

Produto (NºProduto, Descrição, Quantidade-em-Stock).

No capítulo seguinte será abordado o tema do Controlo Estatístico de Processos.

¹⁵ Adaptado de Whitten et al. (2004).

3 Controlo Estatístico de Processos

Conteúdos

- Introdução
- Cartas de Controlo Clássicas
- Outras Cartas de Controlo
- Capacidade do Processo
- Teste de Normalidade

3.1 Introdução

O Controlo Estatístico de Processos (SPC – *Statistical Process Control*) é definido por Gryna et al. (2007) como uma aplicação de métodos estatísticos à medição e análise da variação de um processo. Esta técnica aplica-se quer a parâmetros internos ao processo, quer a parâmetros finais. Antony (2000) refere que SPC é uma técnica poderosa para melhorar a qualidade do processo eliminando sistematicamente as causas especiais de variação. Montgomery (2001) refere, ainda, que o SPC pode ser aplicado a qualquer processo e consiste num conjunto de ferramentas para resolver problemas alcançando a estabilidade e melhoria do processo.

Processo, segundo Gryna et al. (2007), é um conjunto de actividades que converte entradas (*input*) em saídas (*output*) ou resultados, ou seja, é uma única combinação de máquinas, ferramentas, métodos, material ou pessoas para obter bens na saída.

Qualquer processo é afectado por diversas fontes de variação que podem ser classificadas em dois grupos:

- Causas comuns (aleatórias) – causas imprevisíveis e impossíveis, difíceis ou caras de evitar;
- Causas especiais (assinaláveis) – causas menos comuns, eventualmente evitáveis que explicam uma parte da dispersão nos resultados (Cabral, 2004).

As cartas de controlo são uma das ferramentas mais importantes em SPC. Uma carta de controlo só irá detectar as causas assinaláveis, para melhorar o processo é necessário eliminar essas causas, identificando e eliminando a causa assinalável encontrando assim a causa raiz do problema e implementar acções correctivas no processo (Montgomery, 2001). A figura 3.1 mostra como o processo pode ser melhorado usando as cartas de controlo:

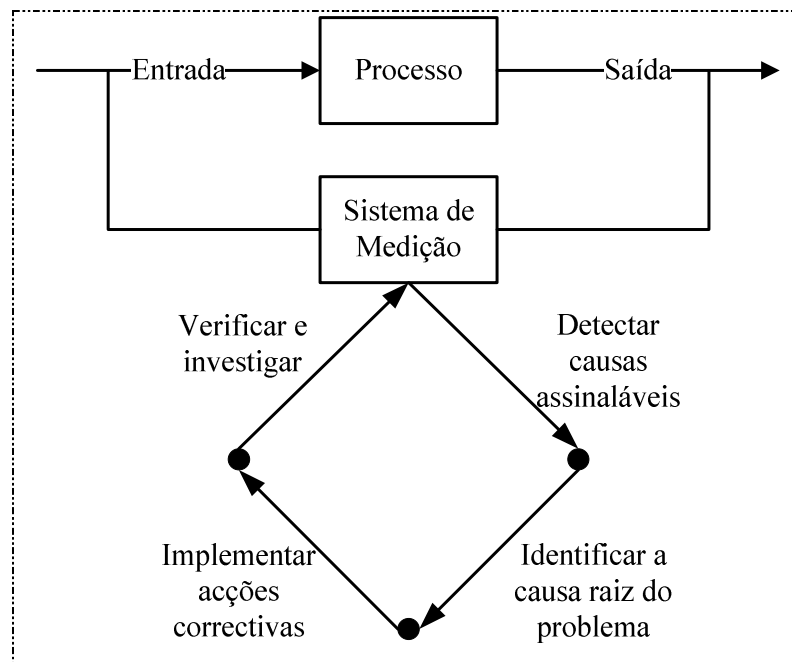


Figura 3.1 - Melhoria do processo usando as cartas de controlo¹⁶.

As cartas de controlo, segundo Alvelos (2002), são uma ferramenta estatística cujo objectivo principal é detectar a presença de causas assinaláveis. Um processo diz-se “sob controlo” quando só existem causas aleatórias de variação e “fora de controlo” quando se verifica a presença de causas assinaláveis.

Segundo Vieira (2001), as cartas de controlo são uma ferramenta que possibilita avaliar a estabilidade da distribuição da característica estudada ao longo do tempo. Deste modo, as cartas de controlo proporcionam informação imediata e objectiva sobre o desempenho do processo quando a análise está a ser efectuada em tempo real.

Na secção 3.2, cartas de controlo clássicas, apresentam-se conceitos associados ao tema, abordam-se as cartas de controlo por variáveis e por atributos e interpretam-se as cartas de controlo. Na secção 3.3 apresentam outras cartas de controlo. Na secção 3.4 analisa-se a capacidade do processo. Na secção 3.5 analisa-se um teste de hipóteses para verificar se a característica da qualidade segue a distribuição normal.

¹⁶ Adaptado de Montgomery (2001).

3.2 Cartas de Controlo Clássicas

As cartas de controlo, segundo Cheng e Thaga (2006), são uma das ferramentas mais importantes em SPC e usadas na indústria para monitorizar o processo. Existem vários tipos de cartas de controlo, mas as mais simples de implementar e de interpretar são as cartas de controlo clássicas, sendo, também as mais utilizadas nos meios industriais (Figueiredo, 2002). As cartas de controlo clássicas, habitualmente designadas por cartas de controlo de Shewhart, foram as primeiras cartas de controlo que surgiram e foram desenvolvidas em 1920 por Walter A. Shewhart nos Laboratórios da *Bell Telephone* (Montgomery, 2001).

A carta de controlo de Shewhart é representada através de um gráfico com uma Linha Central (LC) que representa o valor médio (da estatística) da característica que se está a controlar e outras duas linhas denominadas por Limite Superior de Controlo (LSC) e Limite Inferior de Controlo (LIC). No eixo horizontal considera-se o número da amostra (ou o intervalo de tempo entre cada recolha de amostras) e no eixo vertical o valor correspondente à estatística amostral correspondente. O seu aspecto é semelhante ao indicado na figura 3.2.

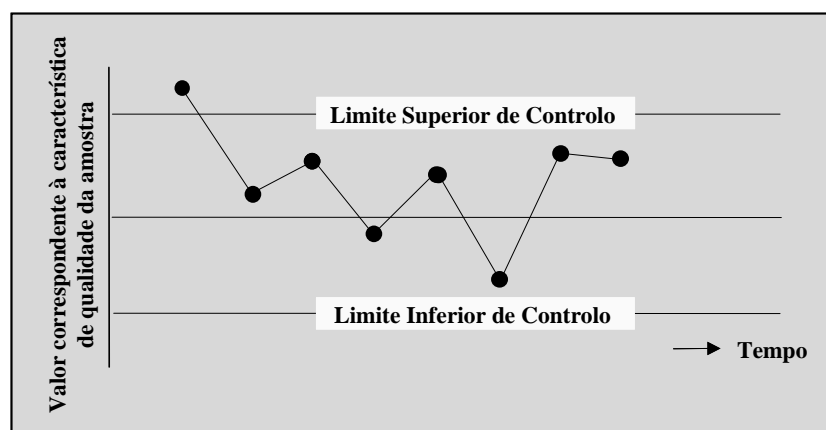


Figura 3.2 – Ilustração de uma carta de controlo clássica.¹⁷

¹⁷ Adaptado de Alvelos (2002)

As cartas de controlo, segundo Alvelos (2002), são uma aplicação prática do método de inferência estatística de teste de hipóteses que depende do tipo da característica a medir e da distribuição que os seus valores seguem no estado de controlo.

O teste de hipóteses, segundo Guimarães e Cabral (2007), verifica se os dados amostrais (ou estimativas obtidas a partir deles) são, ou não, compatíveis com determinadas populações. O procedimento deste método pode ser decomposto em quatro fases:

1. Definição das hipóteses – consiste na definição de uma conjectura acerca da população ou populações, designada por hipótese alternativa (H_1). O objectivo do teste é verificar se esta hipótese é válida. Define-se uma hipótese complementar designada por hipótese nula (H_0) e ela é considerada verdadeira ao longo do teste;
2. Identificação da estatística de teste e caracterização da sua distribuição – utiliza-se a estatística de teste para verificar a plausibilidade da H_0 , mas para isso, é necessário conhecer a sua distribuição quando H_0 é verdadeira;
3. Definição da regra de decisão, com especificação do nível de significância do teste – a decisão de rejeitar ou não H_0 fundamenta-se no valor que a estatística de teste toma. A regra de decisão é formalizada com base na região de rejeição. Se a estatística de teste pertence à região de rejeição então H_0 é rejeitada. O nível de significância do teste (α) representa a probabilidade de se cometer um erro de rejeitar H_0 quando esta hipótese é verdadeira (erro do tipo I);
4. Cálculo da estatística de teste e tomada de decisão – com base no valor da estatística de teste obtido aplica-se a regra de decisão.

Habitualmente as cartas de controlo clássicas são usadas em processos industriais. Para que estas sejam aplicadas correctamente, Cabral (2004) e Pereira e Requeijo (2008) sugerem a seguinte metodologia de aplicação das cartas de controlo que engloba duas fases. A fase 1 corresponde ao estudo e análise do processo e a fase 2 refere-se à monitorização do processo propriamente dita. Desta forma, a fase 1 apresenta as seguintes etapas:

- Análise do processo;
- Selecção da característica da qualidade a controlar;
- Avaliação do processo de medida;

- Preparação da recolha da amostra (selecção do número de amostras (m) e tamanho da amostra (n));
- Recolha das amostras;
- Estimação dos parâmetros (estatísticas);
- Cálculo dos limites de controlo;
- Pesquisa e eliminação das causas raiz dos factores de variação relevantes (melhoria do processo);
- Cálculo dos limites definitivos.

Na fase 2, utilizam-se os limites calculados na fase anterior, consistindo nas seguintes etapas:

- Controlo (monitorização) do processo – recolha de uma amostra, determinação da estatística, representação do seu valor no gráfico e caso se detecte uma situação de “fora de controlo”, identificar a causa e implementar acções de correcção;
- Re-estimação dos limites de controlo, periodicamente ou quando se justifique.

Quando as cartas de controlo clássicas são utilizadas de uma forma retrospectiva, ou seja, na fase 1, elas são uma óptima ferramenta para a melhoria de processos.

O sucesso da implementação do SPC numa organização deve-se, segundo Krumwiede e Sheu (1996) e Antony (2000), ao empenho da administração da organização e dos gestores, na obtenção de formação em SPC, na escolha adequada da característica da qualidade, no uso inicial da implementação de um projecto piloto, na construção da carta de controlo adequada com o auxílio de um pacote de software de SPC que elimine os cálculos manuais envolvidos na determinação dos limites de controlo e na construção dos gráficos.

Existem dois grupos de cartas de controlo clássicas: as cartas de controlo por variáveis e as cartas de controlo por atributos, que são analisadas no ponto 3.2.1 e no ponto 3.2.2, respectivamente.

3.2.1 Cartas de Controlo por Variáveis

As cartas de controlo por variáveis têm como objectivo acompanhar os valores das características expressas em escalas quantitativas. Segundo Wu e Tian (2006) as que são usadas mais frequentemente na indústria são:

- Cartas (\bar{X}, A) - cartas da média (\bar{X}) e da amplitude (A) ;
- Cartas (\bar{X}, S) - cartas da média (\bar{X}) e do desvio padrão (S) ;
- Cartas $(X, A_{móvel})$ - cartas de valores individuais (X) e da amplitude móvel $(A_{móvel})$.

Admite-se que os valores assinalados pelas variáveis a controlar seguem uma distribuição normal $(X \sim N(\mu, \sigma^2))$ com média μ e desvio padrão σ .

Por exemplo, a carta de controlo da média (\bar{X}) baseia-se no teste de hipótese ao valor esperado da população. As hipóteses são $H_0: \mu = \mu_0$ v.s. $H_1: \mu \neq \mu_0$, onde a hipótese nula traduz a situação de controlo estatístico. Assumindo que se conhece o desvio padrão (σ) a probabilidade dos valores observados se situarem no intervalo $\mu_0 \pm L\sigma$ é de $1 - \alpha$.

A estatística de teste é $ET = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$. O nível de significância habitualmente usado

no teste de hipóteses é de $\alpha = 5\%$ mas este valor acarreta na generalidade das situações industriais, um excessivo número de “falsos alarmes”. Assumindo $\alpha = 0,27\%$, valor considerado aceitável, a probabilidade dos valores observados se situarem no intervalo $\mu_0 \pm 3\sigma$ (onde $L=3$) é de 99,73%.

O limite inferior de controlo (LIC) e o limite superior de controlo (LSC) separam as zonas de rejeição e de não rejeição de H_0 e são apresentados pelas fórmulas seguintes:

$$LIC = \mu_{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}} = \mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad LSC = \mu_{\bar{x}} + 3\sigma_{\bar{x}} = \mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Como não são conhecidos os valores teóricos da média e do desvio padrão da população, estes valores são estimados a partir de dados recolhidos de amostras. Para

estimar os parâmetros necessários para o cálculo dos limites das cartas de controlo por variáveis, recolhem-se m amostras de dimensão n . O valor de m segundo Montgomery (2001), deve estar compreendido entre 25 e 30 e o valor de n deve ser estipulado após a análise efectuada ao processo e depende do tipo de carta que se pretende usar. Quando $n < 6$ o estimador mais eficiente para σ é $\frac{\bar{A}}{d_2}$ e quando $n > 6$ é $\frac{\bar{S}}{c_4}$, onde \bar{A} e \bar{S} representam a média das médias das amostras e a média das amplitudes das amostras e d_2 e c_4 , são constantes que depende de n (tabela III do Anexo I).

Considerando \bar{x} como estimador de μ e $\frac{\bar{A}}{d_2}$ como estimador de σ (no caso da carta \bar{X}). As fórmulas dos limites de controlo e da linha central, com base nas fórmulas (1), são:

$$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\bar{A}/d_2}{\sqrt{n}} = \bar{x} - A_2 \bar{A}, \quad LSC = \bar{x} + 3 \frac{\bar{A}/d_2}{\sqrt{n}} = \bar{x} + A_2 \bar{A} \quad \text{e} \quad LC = \bar{x}, \quad (2)$$

onde $A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$.

A carta da média é, em geral, utilizada em conjunto com a carta da amplitude ou de desvio padrão consoante o tamanho da amostra (n).

O controlo da variabilidade baseia-se no teste de hipóteses à variância da distribuição normal. As hipóteses são $H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$ v.s. $H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$ e a estatística de teste é

$$ET = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}.$$

Por exemplo, para a carta de controlo da amplitude, considerando \bar{A} como estimador de μ e $d_3 \frac{\bar{A}}{d_2}$ como estimador de σ . As fórmulas dos limites de controlo e da linha central são:

$$LIC = \bar{A} - 3d_3 \frac{\bar{A}}{d_2} = \bar{A}(1 - \frac{3d_3}{d_2}) = \bar{A}D_3, \quad LSC = \bar{A} + 3d_3 \frac{\bar{A}}{d_2} = \bar{A}(1 + \frac{3d_3}{d_2}) = \bar{A}D_4 \quad \text{e}$$

$$LC = \bar{A}, \quad (3)$$

onde $D_3 = (1 - \frac{3d_3}{d_2})$ e $D_4 = (1 + \frac{3d_3}{d_2})$ constantes que depende de n e são tabeladas (tabela

III do Anexo I).

Segundo Montgomery (2001), para as cartas do tipo (\bar{X}, A) o n deve ser 4, 5, ou 6 e para Gryna et al. (2007) deve ser 4 ou 5.

As cartas de valores individuais e amplitude móvel $(X, A_{móvel})$ são usadas quando não é possível formar subgrupos. Nesta situação considera-se $n=1$ e a determinação dos seus limites de controlo é feita como apresentado para as cartas (\bar{X}, A) , usando-se a amplitude móvel de duas observações sucessivas em vez da amplitude da amostra.

Para calcular os limites de controlo é necessário recolher as m amostras de dimensão n ao longo de um determinado intervalo de tempo e calcular as estatísticas referente ao tipo da carta com os dados das amostras. Considerando w a estatística de medição da característica a controlar, μ_w o valor esperado e σ_w o desvio padrão, o modelo geral para calcular os limites de controlo e a linha central é o seguinte:

$$LIC = \mu_w - 3\sigma_w, \quad LSC = \mu_w + 3\sigma_w \quad \text{e} \quad LC = \mu_w. \quad (4)$$

Assim, com base no modelo geral para o cálculo dos limites a tabela 3.1 apresenta a estatística utilizada na carta, o estimador do seu valor esperado, o estimador do seu desvio padrão, a(s) constante(s) usada(s) para definir os limites de controlo, o Limite Inferior de Controlo (LIC), a Linha Central (LC) e o Limite Superior de Controlo (LSC) para cada tipo de carta de controlo por variáveis:

Cartas	Estatística	Estimador do valor esperado	Estimador do desvio padrão	Constante(s) (valores tabelados e dependem de n)	LIC	LC	LSC
(\bar{X}, A)	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	$\frac{\bar{A}}{d_2}$	$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$	$\bar{\bar{x}} - A_2 \bar{A}$	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} + A_2 \bar{A}$
	A	\bar{A}	$d_3 \frac{\bar{A}}{d_2}$	$D_3 = (1 - \frac{3d_3}{d_2})$ $D_4 = (1 + \frac{3d_3}{d_2})$	$D_3 \bar{A}$	\bar{A}	$D_4 \bar{A}$
(\bar{X}, S)	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	\bar{S}/c_4	$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$	$\bar{\bar{x}} - A_3 \bar{S}$	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S}$
	S	\bar{S}	$\frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$	$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$ $B_4 = 1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$	$B_3 \bar{S}$	\bar{S}	$B_4 \bar{S}$
$(X, A_{m\acute{o}vel})$	X	\bar{x}	$\frac{\bar{A}_{m\acute{o}vel}}{d_2}$	$d_2 = 1,128$	$\bar{x} - 2,66 \bar{A}_{m\acute{o}vel}$	\bar{x}	$\bar{x} + 2,66 \bar{A}_{m\acute{o}vel}$
	$A_{m\acute{o}vel}$	$\bar{A}_{m\acute{o}vel}$	$d_3 \frac{\bar{A}_{m\acute{o}vel}}{d_2}$	$D_3 = (1 - \frac{3d_3}{d_2}) = 0$ $D_4 = (1 + \frac{3d_3}{d_2}) = 3,267$	0	$\bar{A}_{m\acute{o}vel}$	$3,267 \bar{A}_{m\acute{o}vel}$

Tabela 3.1 - Fórmulas dos limites de controlo e da linha central para as cartas de controlo por variáveis.

As estatísticas \bar{x} , A , S e $A_{móvel}$, da tabela 3.1, representam a média de uma amostra ou de um subgrupo, a amplitude de uma amostra, o desvio padrão de uma amostra e a amplitude móvel de uma amostra, respectivamente. Os estimadores do valor esperado $\bar{\bar{x}}$, \bar{A} , \bar{S} e $\bar{A}_{móvel}$ representam a média das médias das amostras, a média das amplitudes das amostras, a média dos desvios padrões das amostras e a média das amplitudes móveis das amostras. As constantes d_2 , d_3 , c_4 , A_2 , D_3 , D_4 , A_3 , B_3 e B_4 são valores tabelados e dependem de n (tabela III do Anexo I).

Após o cálculo dos limites de controlo, traçam-se os gráficos correspondentes a cada carta. Nas cartas por variáveis em primeiro lugar desenha-se o gráfico para a carta da variabilidade (A , S ou $A_{móvel}$) e depois para a carta das médias (\bar{X} ou X), porque os limites de controlo para a segunda carta dependem da variabilidade do processo. A comparação entre as duas é útil para identificar as causas especiais de variação e ao encontrar valores não aleatórios nas cartas deve-se em primeiro lugar eliminar esses valores no primeiro gráfico.

Os limites de controlo devem ser recalculados sempre que se verificar alterações no processo e regularmente mesmo quando não existem mudanças.

3.2.2 Cartas de Controlo por Atributos

As cartas de controlo por atributos são utilizadas sempre que é difícil ou impossível medir uma característica. Geralmente dividem-se em dois grupos:

1. Cartas p e cartas np - cartas da proporção de peças defeituosas (proporção de peças não conformes) e cartas do número de peças defeituosas (número de peças não conformes);
2. Cartas c e cartas u - cartas do número de defeitos (número de não conformidades) e cartas do número de defeitos por unidade (número de não conformidades por unidade).

O primeiro grupo é composto pelas cartas p e np . A lei de probabilidade que modela o número de peças defeituosas observadas numa amostra de dimensão n é a distribuição Binomial, $B(n,p)$, com os parâmetros n e p . A distribuição normal com os parâmetros $\mu = np$ e $\sigma^2 = np(1-p)$ constitui uma boa aproximação da distribuição binomial (com n grande) (Guimarães e Cabral, 2007). A dimensão da amostra (n) para este tipo de cartas deve ser elevada e, segundo Montgomery (2001), deve estar entre 50 a 250. Ainda segundo Gryna et al. (2007), deve ser 25, 50 ou 100. Nas cartas p , a dimensão das amostras pode ser variável. As cartas np têm a vantagem de ser compreendida mais facilmente do que as cartas p , porque representam o número de peças defeituosas (np) e a sua implementação segue regras idênticas às da carta p . Os limites de controlo e a linha central para a carta np podem ser obtidos através dos limites de controlo e da linha central da carta p quando n constante (ver tabela 3.2).

O segundo grupo é constituído pelas cartas c e u . O número de defeitos observados segue a distribuição de Poisson, $P(c)$, com $c > 0$ parâmetro da distribuição de Poisson. O valor esperado e o desvio padrão são $\mu = c$ e $\sigma = \sqrt{c}$. Nas cartas u , a dimensão das amostras pode ser variável (n_i - dimensão da amostra $i = 1, 2, \dots, m$).

Para calcular os limites de controlo é necessário recolher m amostras ao longo de um determinado intervalo de tempo e calcular as estatísticas referentes ao tipo da carta com os dados das amostras. Assim, a tabela 3.2 apresenta a estatística utilizada na carta, o estimador do valor esperado da estatística, o estimador do desvio padrão da estatística, o Limite Inferior de Controlo (LIC), a Linha Central (LC) e o Limite Superior de Controlo (LSC) para cada tipo de carta de controlo por atributos:

Carta	Estatística	Estimador do valor esperado da Estatística	Estimador do desvio padrão da Estatística	LIC	LC	LSC
p	$\frac{D}{n}$	\bar{p}	$\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	\bar{p}	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$
np	D	$n\bar{p}$	$\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$n\bar{p}$	$n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
c	C	\bar{c}	$\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	\bar{c}	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
u	U	\bar{u}	$\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$	$\bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$	\bar{u}	$\bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$

Tabela 3.2 - Fórmulas dos limites de controlo e da linha central para as cartas de controlo por atributos.

Na tabela 3.2, D , C e U , representam, respectivamente, o número de peças defeituosas na amostra, o número de defeitos numa unidade e o número médio de defeitos por unidade. Os estimadores \bar{p} , \bar{np} , \bar{c} e \bar{u} , representam a média das proporções de peças defeituosas, o número médio de peças defeituosas, o número médio de defeitos e o número médio de defeitos por unidade, respectivamente e a variável n_i representa a dimensão de uma amostra i ($i=1, 2, \dots, m$).

Se o valor do LIC para as cartas de controlo por atributos é negativo, considera-se que não existe limite inferior de controlo e assume-se que é zero.

3.2.3 Interpretação das Cartas de Controlo

Os pontos representados numa carta de controlo são os valores correspondentes às estatísticas da característica recolhidas ao longo do tempo. A sequência de pontos deve ser aleatória quando o processo está “sob controlo”. Sendo, as cartas de controlo uma aplicação de um teste de hipóteses onde os limites de controlo delimitam a zona de rejeição e de não rejeição, caso os pontos da carta de controlo se encontram dentro da região limitada pelos limites de controlo o processo é assumido “sob controlo” mas caso existem pontos fora dos limites de controlo, o processo diz-se “fora de controlo” (Montgomery, 2001).

Um comportamento não aleatório na sequência dos pontos também pode indicar que o processo está “fora de controlo”. Deste modo, segundo Montgomery (2001), existe pelo menos três situações possíveis:

- 2 pontos em 3 pontos consecutivos estão entre os limites e as linhas $\pm 2 \sigma$;
- 4 pontos em 5 pontos consecutivos entre as linhas -1σ e $+1 \sigma$;
- Uma série de 8 pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central.

Segundo Pereira e Requeijo (2008), existem vários critérios publicados mas eles assemelham-se entre si, desta forma estes autores sugerem os critérios usados na norma ISO 8258:1991.

A aplicação destes critérios irá aumentar o número de “falsos alarmes”. Mas, por outro lado, a utilização destes critérios pode permitir que se detectem mais rapidamente situações “fora de controlo” do que o critério dos três sigmas, ou seja, se os pontos da carta se encontram dentro da região limitada pelos limites de controlo (Montgomery, 2001).

Pereira e Requeijo (2008) sugerem o uso destes critérios no início da implementação do SPC, em particular quando o processo não está estabilizado, uma vez que permitem o aumento da sensibilidade das cartas de controlo. Estes critérios são importantes porque as cartas de controlo clássicas são pouco sensíveis a pequenas alterações devido ao facto de utilizarem apenas a informação da amostra em análise e ignorarem a informação relativa à sequência de amostras.

A sensibilidade das cartas de controlo clássicas às variações nos parâmetros, ou seja, a capacidade para se detectarem situações de descontrolo, pode ser medida através do *ARL* (*Average Run Length*) - número de amostras necessárias para detectar uma alteração do parâmetro. Em situação de controlo, traduz o número de amostras seguidas que, em média, separam dois “falsos alarmes”. É determinado da seguinte forma:

$$ARL = \frac{1}{\alpha}. \quad (5)$$

Como nas condições habituais $\alpha=0,27\%$, $ARL_0 = \frac{1}{0,0027} \approx 370$, o *ARL* será, normalmente, de cerca de 370 amostras, ou seja, em média o número de amostras entre dois alarmes com o processo “sob controlo” é de cerca de 370 (Montgomery, 2001).

3.3 Outras Cartas de Controlo

As cartas de controlo clássicas são as cartas mais usadas em ambientes industriais. Existem, no entanto, outras cartas que podem ser utilizadas como alternativa às clássicas, ou como complemento, ou quando não é possível serem aplicadas devido à produção de

pequenas quantidades existindo, ainda, outras, que devem ser usadas quando se pretende controlar em simultâneo mais de que uma característica da qualidade.

Em alternativa à carta da média e da amplitude pode ser utilizada a carta da mediana e da amplitude sendo o seu método de construção análogo. Segundo Pereira e Requeijo (2008), estas cartas utilizam-se, normalmente com amostras de dimensão ímpar, pelo facto de ser mais fácil determinar a mediana da amostra. Devem-se representar no gráfico as observações individuais e fazer um círculo à volta da mediana de cada amostra. Os limites de controlo são calculados de uma forma semelhante à das cartas de médias.

Os utilizadores destas cartas apontam as seguintes vantagens:

- Facilidade na determinação da mediana, o que pode levar a uma melhor aceitação por parte dos operadores;
- Visualização da dispersão ao longo do tempo, já que os valores individuais das observações são também representados na carta.

Como complemento às cartas clássicas, segundo Pereira e Requeijo (2008), devem ser usadas as cartas especiais, permitindo detectar rapidamente alterações pequenas e moderadas dos parâmetros do processo, sendo de dois tipos:

- Cartas de Controlo da Soma Acumulada (CUSUM - *Cumulative Sum Control Charts*) – têm como objectivo incorporar directamente, em cada ponto registado, a informação contida na sequência dos valores amostrais;
- Cartas de Controlo da Média Móvel Exponencialmente Amortecida (EWMA - *Exponentially Weighed Moving Average Control Charts*) – à semelhança das cartas CUSUM incorporam informação de amostras passadas e, não apenas da última, como acontece nas cartas de controlo clássicas (Montgomery, 2001).

Existem um conjunto de cartas de controlo para pequenas produções (*short runs*). Pereira e Requeijo (2008) entendem que pequena produção é aquela em que:

- O número de unidades produzidas de cada vez é muito pequeno (menos de 20);
- O número de unidade é suficientemente grande (mais de 100) mas a sua produção ocorra rapidamente em termos temporais;

- A produção realiza-se por lotes específicos ao longo do tempo.

A atitude a tomar face a estas produções pode ser uma das três seguintes:

1. Inspeccionar o primeiro e o último artigo correndo o risco de haver artigos não conformes que não são detectados;
2. Inspeccionar 100% da produção incorrendo-se em custos que não se podem assumir;
3. Elaborar cartas de controlo para cada um dos produtos fabricados o que apresenta as seguintes desvantagens:

- Muitos produtos implicam muitas cartas de controlo, demasiada informação a ser analisada;
- Impossibilidade de construir cartas de controlo para produtos que são fabricados esporadicamente;
- Devido à escassez de dados, a detecção de causas especiais no processo torna-se mais morosa inviabilizando o lançamento atempado de acções correctivas.

Quando se pretende controlar em simultâneo mais de que uma característica da qualidade relativa à mesma peça, a solução mais adequada é usar cartas multivariadas (Pereira e Requeijo, 2008). Este tipo de carta, segundo Montgomery (2001), é cada vez mais usado devido à facilidade na medição de parâmetros diferentes na mesma unidade produzida.

O estudo destas cartas está fora do âmbito deste trabalho, visto que não são tão habituais em ambientes industriais.

3.4 Capacidade do Processo

Mesmo quando o processo está “sob controlo” pode-se estar a produzir peças defeituosas, isto é, fora dos limites de especificações estabelecidos para a variável em

estudo. Por isso, deve-se efectuar o estudo da capacidade do processo antes e/ou depois de se usarem as cartas de controlo.

A finalidade do estudo da capacidade do processo é avaliar se o processo está a produzir de forma compatível com as especificações técnicas do produto. A capacidade do processo é medida, normalmente, através dos Índices de Capacidade do Processo. A correcta utilização destes índices implica que a distribuição da característica em estudo seja normal. Os índices mais usados na indústria de produção, segundo Lin e Sheen (2005), Wu e Pearn (2006) e Chen et al. (2007) são C_p , C_{pu} , C_{pl} , C_{pk} , definidos da seguinte forma:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}, \quad (6)$$

$$C_{pu} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \quad (7)$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}, \quad (8)$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu}) = \min\left(\frac{\mu - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \mu}{3\sigma}\right), \quad (9)$$

onde LSE é o Limite Superior de Especificação, LIE é o Limite Inferior de Especificação, σ é o desvio padrão do processo e μ é a média do processo.

As equações (6) e (9) assumem que o processo tem os dois limites de especificação. O índice C_p é a capacidade possível do processo no caso de estar centrado na sua média e o C_{pk} descreve a capacidade real de um processo que pode ou não estar centrado. Caso seja definido só um dos limites de especificação, usa-se a equação (7) ou (8) consoante se trata de LSE ou LIE respectivamente.

Deste modo diz-se que um processo:

- tem boa capacidade - quando o resultado das medições das características de controlo está dentro do intervalo de especificação, isto é, produz-se uma quantidade mínima de produtos defeituosos;

- tem capacidade razoável - quando o resultado das medições das características de controlo está próximo dos limites do intervalo de especificação, isto é, produz uma quantidade razoável de produtos não defeituosos;
- não tem uma capacidade adequada - quando os resultados das medições das características de controlo estão fora do intervalo especificado, isto é, produz-se muitos produtos defeituosos (Vieira, 2001).

A avaliação do processo pode ser efectuada através do uso do índice C_{pk} :

- Se $C_{pk} \geq 1,33$ o processo tem boa capacidade, no caso de a distribuição ser normal, a percentagem de defeituosos produzidos é inferior a 0,0066%;
- Se $1,00 \leq C_{pk} < 1,33$ o processo tem capacidade razoável, no caso de a distribuição ser normal, a percentagem de defeituosos produzidos está entre 0,27% e 0,0066%;
- Se $C_{pk} < 1,00$ o processo não tem uma capacidade adequada, no caso de a distribuição ser normal, a percentagem de defeituosos produzidos é superior a 0,27% (Kume, 1993).

Para produzir o mínimo de produtos defeituosos deve-se considerar um valor superior a 1,33. Lin e Sheen (2005) introduzem mais um nível de capacidade excelente para considerarem para $C_{pk} \geq 1,5$. Consideram para C_{pk} os valores 1, 1,33 e 1,5 e classificam o processo como capaz, satisfatório e excelente, respectivamente.

Na prática μ (média do processo) e σ (desvio padrão do processo) são quase sempre desconhecidos e, por isso, devem ser substituídos pelas suas estimativas. Ao utilizar os valores recolhidos para o cálculo dos limites de controlo para calcular o índice da capacidade do processo podem ocorrer duas situações:

- ao considerar todos os valores recolhidos ($n \times m$) num só grupo (amostra) deve-se usar a média da amostra (\bar{x}) e o desvio padrão da amostra (S) como estimativa de μ e de σ respectivamente;

- ao utilizar a mesma estrutura dos valores recolhidos, isto é, m amostras de dimensão n , usa-se a média das médias das amostras ($\bar{\bar{x}}$) e as estimativas \bar{A}/d_2 ou \bar{S}/c_4 consoante se usam as cartas do tipo (\bar{X}, A) ou (\bar{X}, S) .

Segundo Cabral (2004), quando se usa a primeira situação a capacidade do processo é designada por Capacidade Real e na segunda situação é designada por Capacidade Potencial.

3.5 Teste de Normalidade

A aplicação das cartas de controlo por variáveis e o cálculo dos índices de capacidade do processo pressupõem tal como foi dito, que a característica da qualidade a controlar segue uma distribuição normal. Este pressuposto pode ser verificado através de um teste de hipóteses.

O teste de hipóteses mais utilizado quando temos características contínuas com os parâmetros desconhecidos e estimados a partir de amostras é o teste Kolmogorov-Smirnov Lilliefors.

O Teste Kolmogorov-Smirnov Lilliefors permite testar se a hipótese de que a amostra seja proveniente de uma população com distribuição normal. Os seus parâmetros (μ – valor esperado e σ – desvio padrão) são estimados a partir dos dados amostrais. Para amostras de dimensão $n \geq 4$, o teste adopta o seguinte procedimento:

1. Pretende-se testar se X tem uma distribuição normal:

$H_0: F(x) = F_0(x)$ para todos os valores de X (ou seja, a função de distribuição da população da qual provém a amostra é idêntica a função de distribuição que se assume conhecida);

$H_1: F(x) \neq F_0(x)$ para algum valor de X .

2. A estatística de teste, que se denota por D , corresponde ao supremo do valor absoluto da diferença entre a função de distribuição da amostra ($S(x)$) - para qualquer valor particular de x , esta função expressa a soma das frequências relativas dos dados com valores menores ou iguais a x) e a função distribuição populacional ($F_0(x)$) - os valores desta função podem ser obtidos através da tabela da Distribuição Normal Padronizada (tabela I do Anexo I)), simbolicamente:

$$D = \sup_x |S(x) - F_0(x)|, \text{ ou seja, segundo Fonseca (2001) e Souto (2004),}$$

$$D = \max\{a_{1i}, a_{2i}\}, \text{ com } a_{1i} = |S(x_{i-1}) - F_0(x_i)| \text{ e } a_{2i} = |S(x_i) - F_0(x_i)|.$$

3. A hipótese H_0 é rejeitada, para um nível de significância α , se o valor observado (valor da estatística D) for superior ou igual ao valor crítico. Os valores críticos estão listados na tabela elaborada por Lilliefors e podem ser consultados na tabela II do Anexo I ou no artigo de Molin e Abdi (1998).

No capítulo seguinte será apresentado o Estudo de Caso, onde são aplicados os conceitos abordados ao longo deste capítulo e do capítulo anterior.

4 Estudo de Caso

Conteúdos

- Introdução
- Definição do Âmbito do Projecto
- Análise do Problema
- Análise dos Requisitos
- Desenho Lógico

4.1 Introdução

O presente capítulo visa especificar os requisitos necessários para modelizar um Sistema de Informação de apoio ao Controlo Estatístico de Processos, com base na metodologia *Framework for the Application of Systems Thinking* (FAST) apresentada no segundo capítulo. Esta metodologia foi gerada com base num conjunto de boas práticas de desenvolvimento de sistemas de informação e a sua estrutura é sequencial e de fácil execução.

O estudo de caso vai referir-se apenas às quatro primeiras fases da metodologia, dado que está fora do âmbito deste trabalho a implementação do sistema. As fases analisadas, tal como descrito no capítulo 2, são as seguintes:

- Definição do Âmbito do Projecto;
- Análise do Problema;
- Análise dos Requisitos;
- Desenho Lógico.

Este capítulo vai ser estruturado com base nas quatro fases referidas. Assim, na secção 4.2, Definição do Âmbito do Projecto, definem-se os objectivos do projecto, classifica-se o sistema a desenvolver e estruturam-se as tarefas para o desenvolvimento do projecto. Na secção 4.3, Análise do Problema, analisam-se os sistemas que executam cartas de controlo existentes no mercado e caracterizam-se os requisitos requeridos pela indústria. Na secção 4.4, Análise dos Requisitos, definem-se os requisitos para o desenvolvimento do sistema com base no estudo efectuado aos sistemas existentes no mercado e no levantamento das necessidades junto da indústria. Na secção 4.5, Desenho Lógico, traduzem-se os requisitos recolhidos na fase anterior num modelo do sistema e apresentam-se os diagramas de casos de usos e de classes do sistema.

4.2 Definição do Âmbito do Projecto

O sistema que se especifica neste trabalho tem como objectivo ajudar o gestor da qualidade na compreensão dos processos, na redução da sua variação e na avaliação, em tempo real, do desempenho do processo, centrando-se na aplicação de cartas de controlo clássicas à indústria.

De acordo com a análise teórica à diversa bibliografia acerca do tema apresentada no terceiro capítulo e em particular com base na metodologia das duas fases descritas nesse capítulo. O sistema deve, possuir as seguintes características, para a Fase 1:

- Seleccionar a característica da qualidade a controlar
- Apoiar na decisão da carta de controlo adequada;
- Ajudar na decisão do número de amostras a recolher para o cálculo dos limites de controlo;
- Ajudar na decisão da dimensão da amostra;
- Ajudar na decisão da frequência de recolha das amostras;
- Recolher as amostras
- Calcular os limites de controlo;
- Desenhar a carta de controlo adequada;

Para a fase 2:

- Recolher a amostra
- Representar o valor da estatística na carta de controlo;
- Detectar situações de “fora de controlo”;
- Calcular novos limites de controlo.

No ponto 4.2.1 apresentam-se os objectivos do projecto, no ponto 4.2.2, classifica-se o sistema enquadrando-o nas classificações de SI já apresentadas no segundo capítulo e no ponto 4.2.3, Planificação das Tarefas para o Estudo de Caso, listam-se as tarefas que serão desenvolvidas para a concretização do estudo de caso.

4.2.1 Objectivos do Projecto

O objectivo principal deste projecto consiste em especificar os requisitos para modelizar um sistema de informação de apoio ao controlo estatístico de processos para uso na indústria. Foi decidido denominar o sistema desenvolvido de SPCSolution.

Em particular, para cada uma das seguintes fases este estudo de caso consiste, em:

- **Análise do Problema:** Analisar as aplicações informáticas de SPC existentes no mercado; Conhecer as necessidades da indústria; Perceber a forma como as cartas de controlo estão implementadas na prática;
- **Análise dos Requisitos:** Definir os requisitos do sistema;
- **Desenho Lógico:** Modelizar o sistema.

4.2.2 Classificação do SPCSolution

O sistema SPCSolution pode ser classificado segundo diversas classificações apresentadas no segundo capítulo. Considerando a Classificação dos Sistemas de Informação com base nas Áreas Funcionais da Organização o SPCSolution pertence aos sistemas de fabrico e produção. Para a Classificação dos Sistemas de Informação com base nos Níveis Organizacionais o SPCSolution pertence aos sistemas de nível operacional e de gestão, sistema que se destina às tarefas do dia-a-dia na linha de produção do operador e também auxilia nas funções de supervisão e na tomada de decisão do gestor da qualidade. Na figura 4.1 ilustra-se a localização do SPCSolution com base na classificação por áreas Funcionais e Níveis Organizacionais.

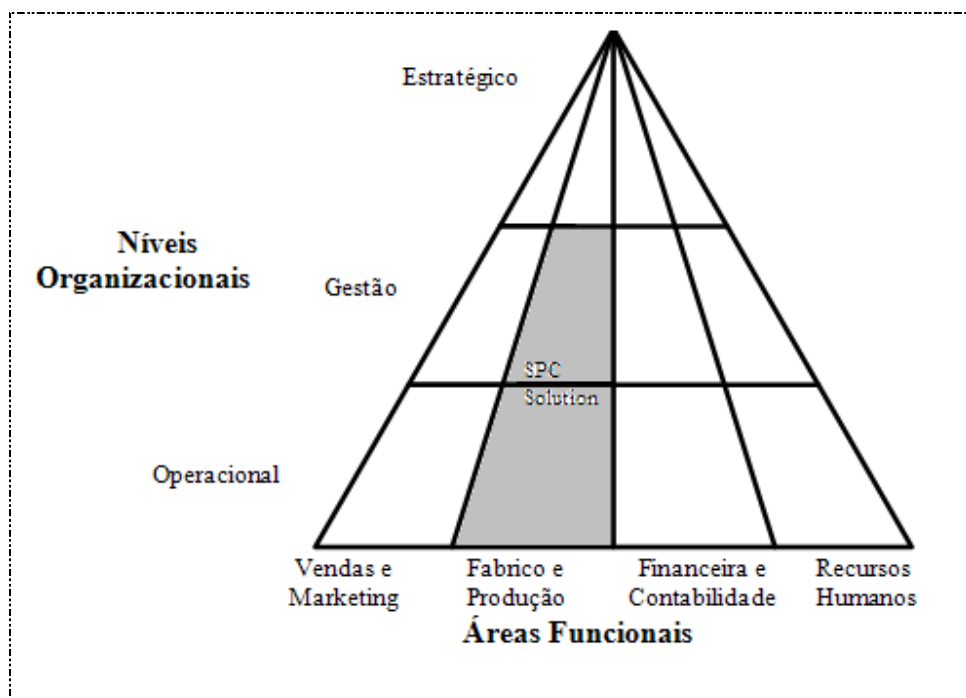


Figura 4.1 - Localização do SPCSolution na Classificação por Áreas Funcionais e Níveis Organizacionais¹⁸.

4.2.3 Planificação das Tarefas para o Estudo de Caso

No desenvolvimento deste projecto foram planificadas algumas tarefas, que podem ser analisadas na tabela 4.1. Estas tarefas foram reformuladas consoante as necessidades sentidas ao longo do trabalho de campo.

Tarefas do Estudo de Caso/Meses	1	2	3	4	5	6	7	8
Definição de requisitos								
Análise das aplicações de SPC existentes no mercado								
Elaboração do guião da entrevista								
Visita à empresa piloto								
Entrevista ao Director da qualidade da empresa piloto								
Análise da entrevista piloto								
Entrevistas aos responsáveis da qualidade de empresas								
Análise das entrevistas								
Modelização do sistema								

Tabela 4.1 - Cronograma das Tarefas Desenvolvidas ao longo do Estudo de Caso.

¹⁸ Adaptado de Laudon e Laudon (2006).

O cronograma mostra a interactividade das diversas tarefas que foram desenvolvidas no decorrer do trabalho de campo. Os requisitos foram definidos ao longo do trabalho, tendo inicialmente sido identificados nas referências bibliográficas e na análise às aplicações informática existentes. Posteriormente, e com base na informação obtida, foi elaborado o guião das entrevistas. Finalmente, os requisitos foram reformulados após a análise das entrevistas.

As características funcionais das aplicações de SPC foram analisadas recorrendo ao estado do software, quando possível, através da análise directas ao software (em algumas empresas e a alguns programas a que houve acesso). No caso em que não foi possível o acesso às aplicações informáticas, foi analisada a informação disponível nos sites das empresas que comercializam o software.

O guião de entrevista foi testado inicialmente numa empresa piloto. Após a visita e realização da entrevista ao director da qualidade da empresa piloto, reformulou-se o guião para poder responder às necessidades de outras empresas.

A tarefa mais flexível e com um período mais alargado foi o agendamento das visitas às empresas que dependeram da disponibilidade dos seus responsáveis da qualidade para visitar o processo de fabrico e para responder às questões do guião da entrevista. Desta forma, com a intervenção dos responsáveis da qualidade destas empresas recolheu-se um conjunto de informações acerca da forma como utilizam as cartas de controlo no dia-a-dia e obteve-se a visão prática de como a indústria utiliza esta ferramenta. Este intercâmbio de conhecimento foi determinante para o desenvolvimento do sistema onde foram analisados e especificados os requisitos, resultando numa sintetização destes para modelizar o SPCSolution.

4.3 Análise do Problema

A análise do problema consiste em estudar as aplicações existentes no mercado e caracterizar os requisitos requeridos pelos utilizadores da indústria.

4.3.1 Estudo das Aplicações Existentes

Este estudo pretende perceber as funcionalidades de alguns dos programas de apoio ao SPC existentes no mercado. Para esse efeito identificam-se as características funcionais mais relevantes para uma aplicação informática de SPC. De seguida, analisou-se o maior número possível de aplicações através da utilização directa do programa, através da análise com os responsáveis da qualidade entrevistados, através dos sites das empresas que comercializam os programas. Assim, com apoio nas características funcionais efectuou-se a recolha dos dados relativamente a cada aplicação analisada. Por último, sintetizam-se esses dados para caracterizar o mercado das aplicações informáticas de SPC.

No ponto 4.3.1.1, Características Funcionais para Análise de Aplicações, apresentam-se as características funcionais para uma aplicação de SPC, no ponto 4.3.1.2, Análise de Aplicações, analisam as funcionalidades das aplicações de SPC existentes no mercado e, por último, no ponto 4.3.1.3, Caracterização das Aplicações, apresenta-se um resumo da caracterização das aplicações existentes no mercado.

4.3.1.1 Características Funcionais para Análise de Aplicações

A lista das características funcionais foi sendo acrescentada à medida que foram analisadas as aplicações e/ou as entrevistas. A elaboração desta lista foi um processo interactivo, resultando nas seguintes características:

1. Tipo de cartas de controlo que a aplicação permite construir:
 - 1.1. Carta $(X, A_{móvel})$;
 - 1.2. Carta (\bar{X}, A) ;
 - 1.3. Carta (\bar{X}, S) ;
 - 1.4. Carta p ;
 - 1.5. Carta np ;
 - 1.6. Carta c ;
 - 1.7. Carta u ;
 - 1.8. Carta CUSUM;
 - 1.9. Carta EWMA;

- 1.10. Carta Multivariada;
2. Configuração do sistema até ao início da recolha das amostras:
 - 2.1. Definição da(s) característica(s) da qualidade a controlar;
 - 2.2. Definição da dimensão da amostra e do número de amostras a recolher para o cálculo inicial dos limites de controlo;
3. Recolha e entrada de dados:
 - 3.1. Recolha de dados manualmente;
 - 3.2. Recolha de dados automática;
 - 3.3. Importação de dados de outros programas;
4. Interligação com equipamentos de medição;
5. Interação com o utilizador: avisos para alertar/ajudar o utilizador no decorrer das tarefas (por exemplo: alerta quando o operador deve efectuar a recolha das amostras);
6. Visualização das cartas de controlo;
7. Sinalização na carta de controlo das situações de “fora de controlo”:
 - 7.1. Fora dos limites de controlo;
 - 7.2. Uso de regras;
8. Emissão de alerta das situações de descontrolo para o responsável via *e-mail*;
9. Apresentação de eventuais causas para as situações de fora de controlo (estas recolhidas do histórico de outras situações ocorridas no passado) - gestão do motivo de alarme;
10. Exportação de dados para outros programas;
11. Elaboração de relatórios com os dados e as cartas de controlo realizadas;
12. Pesquisa e/ou listagem do histórico dos registos pelos diversos campos;
13. Cálculos de estatísticas:
 - 13.1. Estatísticas de localização: Média, Mediana e Moda;
 - 13.2. Estatísticas de dispersão: Amplitude, Desvio padrão e Variância;
 - 13.3. Histograma;
 - 13.4. Índice de Capacidade do Processo: C_p ;
 - 13.5. Índice de Capacidade do Processo: C_{pk} ;

13.6. Teste à normalidade;

4.3.1.2 Análise de Aplicações

As aplicações informáticas foram analisadas através dos sites das empresas que comercializam os programas, através da análise com os responsáveis da qualidade entrevistados. Resultou no estudo de 16 aplicações, seguidamente representadas na tabela 4.2 pela nomenclatura A a P, das quais 5 (L, M, N, O e P) foram referidas nas entrevistas aos responsáveis da qualidade que utilizam um *Software* de SPC na sua empresa.

Aplicação	Referência electrónica
A	SPC for Excel
B	NCSS
C	EGITRON
D	Midas + Statit (2007)
E	Datalyzer Spectrum
F	Factory Systems
G	Triplei
H	Elecssoft
I	Normatec (2008)
J	StatSoft (1984)
K	SPSS (2008)
L	Sinmetro
M	ASI DataMyte
N	Q-DAS
O	Minitab (2008)
P	SQC pack (1999)

Tabela 4.2 - Referência das Aplicações.

A tabela 4.3 mostra a modalidade de análise usada para estudar cada aplicação:

Modalidade /Aplicação	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Vídeo de demonstração	✓				✓											
<i>Software</i> de demonstração		✓	✓					✓								
<i>Software</i> da empresa visitada												✓	✓	✓		✓
<i>Software</i>										✓	✓					
Sites das empresas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabela 4.3 - Modalidade de Análise das Aplicações.

Das 5 aplicações referidas em entrevistas 4 delas foram inicialmente analisadas em conjunto com o responsável da qualidade e, posteriormente com a informação disponível

no site das empresas que comercializam as aplicações. Apenas foi possível examinar 2 softwares de execução para além dos observados durante as vistas e 3 na sua versão de demonstração em que um deles (H) não permitia ao utilizador introduzir os seus dados para construir uma carta de controlo, apenas permitia visualizar o exemplo de demonstração.

A tabela 4.4 sintetiza os dados recolhidos para cada uma das aplicações, analisam-se as funcionalidades listadas anteriormente, onde o símbolo (S) representa que na aplicação foi verificada a funcionalidade, o (N) não apresenta a funcionalidade e o (-) não é possível classificar porque não existia informação suficiente para averiguar a funcionalidade.

Funcionalidades /Aplicações	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1.1	S	S	N	S	S	N	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S
1.2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1.3	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1.4	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1.5	S	S	N	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1.6	S	S	N	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1.7	S	S	N	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
1.8	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N	N	N	S	N
1.9	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N	N	N	S	N
1.10	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	S	N	N	N	S	N
2.1	N	N	S	-	S	-	-	S	S	N	N	N	-	S	N	-
2.2	S	-	S	-	S	-	-	S	-	-	-	S	-	S	-	-
3.1	S	S	S	S	S	-	S	S	S	S	S	S	S	-	S	S
3.2	N	N	S	-	S	S	-	S	S	N	N	N	S	S	N	N
3.3	N	S	N	S	S	-	-	S	-	S	-	N	S	-	S	-
4	N	N	S	-	S	-	-	S	S	N	N	N	S	S	N	N
5	N	N	N	-	-	-	-	-	-	N	N	-	S	S	N	-
6	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
7.1	S	S	S	S	S	-	S	S	-	S	-	-	S	S	S	S
7.2	S	S	S	S	S	-	N	S	-	S	-	-	S	S	S	S
8	N	N	S	S	S	S	S	N	S	N	N	N	N	S	N	N
9	N	N	N	-	S	-	-	N	S	N	N	N	-	-	N	N
10	N	S	S	S	S	-	-	S	S	S	S	S	-	-	S	-
11	N	N	-	-	S	-	-	S	S	S	S	S	S	-	S	-
12	N	N	S	-	S	S	-	S	S	N	N	S	S	S	N	-
13.1	S	S	S	-	-	-	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S
13.2	S	S	S	-	-	-	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S
13.3	S	S	S	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
13.4	S	S	S	N	S	N	S	S	S	S	-	-	S	S	S	S
13.5	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	S	S	S	S
13.6	-	S	N	N	S	N	S	S	N	S	S	S	-	S	S	S

Tabela 4.4 - Funcionalidades Identificadas em cada Aplicação.

Seguidamente, analisa-se, em particular, cada um dos pontos da lista com referência à sua implementação nas referidas aplicações informáticas.

1. A carta (\bar{X}, A) consta de todas as aplicações analisadas, as cartas do tipo (\bar{X}, S) e p não estão presentes numa aplicação, as cartas c e u são usadas em 14 aplicações, a carta np em 13, a $(X, A_{móvel})$ em 11, as menos usadas são as cartas de controlo especiais (CUSUM e EWMA) e as cartas multivariadas. Estes últimos três tipos de cartas de controlo não fazem parte do âmbito deste estudo mas algumas das aplicações exploradas têm estas cartas.
2. Das aplicações analisadas 5 permitem definir a característica da qualidade que se vai controlar, identificando a característica e o seu tipo. Quanto à definição da dimensão da amostra e do número de amostras necessárias para o cálculo dos limites de controlo foi uma das características que se obteve menos informação, mas esta característica, é essencial para a construção das cartas de controlo.
3. Quanto à recolha e entrada de dados todas as aplicações em que se obteve informação acerca desta funcionalidade permitem a introdução de dados manuais, 7 permitem a recolha automática e 7 a importação de dados de outros programas.
4. Dos sistemas analisados, 6 têm incorporados equipamentos de medição e apresentam também a recolha de dados automaticamente. Estes sistemas são mais direccionados para a indústria porque permite a recolha de dados automaticamente onde estão incorporados equipamentos de medição de forma a facilitar a introdução dos dados.
5. A funcionalidade do segundo ponto, interacção com o utilizador, foi difícil de classificar devido ao não acesso da aplicação como utilizador. Isto em parte foi possível na análise efectuada juntamente com o responsável da qualidade de algumas empresas visitadas onde se constatou a interacção existente entre o sistema e o utilizador na ajuda ao longo das tarefas.
6. Todas as aplicações possibilitam visualizar a carta de controlo que se está a implementar.
7. A sinalização das situações de “fora de controlo” é conferida em todas as aplicações em que se obteve informação sobre esta funcionalidade, excepto numa

que não utiliza as regras para detecção de situações de “fora de controlo”. Por exemplo, existem aplicações que utilizam regras como: 7 valores a crescer ou a decrescer e 7 valores acima ou abaixo da linha central, outras como: 2 de 3 pontos consecutivos situados na zona A (faixa limitada pelo LSC e a linha do $+2\sigma$ e pelo LIC e a linha do -2σ), 4 de 5 pontos consecutivos situados na zona B (faixa limitada pela linha do $+2\sigma$ e pela linha do $+1\sigma$ e pela linha -2σ e -1σ) e uma série de oito pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central e ainda outra usa regras não coerentes com o SPC como: ponto fora dos limites de especificação e 7 valores abaixo ou acima do valor médio das especificações.

8. A notificação ao responsável da qualidade acerca dos alarmes das situações de “fora de controlo” via *e-mail* verifica-se em 8 aplicações.

9. Apenas em 2 sistemas verifica-se a possibilidade de gerir as causas dos alarmes das situações de “fora de controlo” e das acções de correcção a implementar, com base em situações semelhantes ocorridas no passado.

10. O requisito referente à exportação de dados para outros programas é averiguado em 9 aplicações.

11. Das aplicações analisadas 8 permitem executar relatórios com os dados e as cartas de controlo implementadas.

12. Das aplicações estudadas 8 permitem pesquisar informação, acerca de análises efectuadas, no seu histórico por diversos campos de registo.

13. Relativamente às estatísticas existentes nos sistemas explorados, estas foram possíveis de se registar para as estatísticas de localização e de dispersão em 8 aplicações. O Histograma é verificado em todos os sistemas com esta informação disponível, o Índice de Capacidade do Processo C_p analisou-se em 12 aplicações e o Índice de Capacidade do Processo C_{pk} em 14. Quanto ao Teste à normalidade é verificado em 10 aplicações.

Das aplicações analisadas 4 são consideradas de análise estatística (B, J, K e O) e 2 foram desenvolvidas inicialmente para um sector em particular (da cortiça (C) e do vinho

(L)), tendo posteriormente sido estendidas a outros sectores, e sendo estas as únicas aplicações portuguesas analisadas.

4.3.1.3 Caracterização das Aplicações

Este ponto resume as características funcionais das aplicações informáticas existentes no mercado. De um modo geral, as aplicações apresentam as seguintes características funcionais:

- Implementação de cartas de controlo tradicionais: $(\bar{X}, A_{móvel})$, (\bar{X}, A) , (\bar{X}, S) , p , np , c e u ;
- Visualização da carta de controlo;
- Uso de regras para detectar alarmes;
- Construção de histogramas;
- Cálculo dos índices de capacidade do processo.

No sentido de completar esta informação, seguidamente, serão analisados os requisitos referidos pelos utilizadores efectivos ou potenciais de um sistema de informação de apoio ao SPC.

4.3.2 Caracterização dos Requisitos Requeridos pelos Utilizadores da Indústria

Com esta caracterização pretende-se identificar os requisitos requeridos pelos utilizadores da indústria e perceber como o SPC está implementado na prática, com base num conjunto de entrevistas realizadas a algumas empresas.

No ponto 4.3.2.1 apresenta-se o guião de entrevista que foi aplicado às empresas que implementam o SPC e no ponto 4.3.2.2, Análise das Entrevistas, apresentam-se os resultados das entrevistas efectuadas.

4.3.2.1 Elaboração do Guião de Entrevista

A entrevista dirigida foi um método usado de recolha de informação. Segundo Ketele e Roegiers (1993), uma entrevista dirigida caracteriza-se pelo facto de o discurso da

pessoa entrevistada consistir exclusivamente em responder às perguntas preparadas antecipadamente e planificadas numa ordem precisa. No início de uma entrevista deve-se expor ao entrevistado a informação já recolhida e as conclusões já retiradas até aquele momento.

Com base nos requisitos sintetizados na secção 4.2, elaborou-se um guião de entrevista (Anexo II). A entrevista foi testada durante a visita à empresa piloto que teve como objectivo conhecer o processo de fabrico. De seguida, realizou-se e analisou-se a entrevista ao Director da Qualidade da empresa piloto. Após a entrevista constatou-se a necessidade de reestruturar o guião de forma a clarificar algumas questões e introduzir outras que se revelaram pertinentes.

No guião consta em primeiro lugar um cabeçalho de identificação da empresa a visitar bem como a data e o responsável da qualidade. O documento continua com um enquadramento referindo algumas tarefas efectuadas no âmbito do projecto e apresenta o objectivo da entrevista. Por último, são formuladas as 14 questões por uma ordem sequencial e pretende:

1. Confirmar se o SPC está implementado na empresa;
2. Verificar se o SPC é uma ferramenta útil para o controlo da qualidade dos produtos;
3. Saber se utiliza algum software para implementar as cartas de controlo;
4. Identificar características da qualidade que habitualmente controlam;
5. Identificar o tipo de característica que controlam;
6. Perceber como é efectuada a recolha das amostras para o cálculo inicial dos limites de controlo e para a posterior monitorização do processo onde se pretende conhecer qual a dimensão da amostra e o número de amostras para o cálculo dos limites;
7. Conhecer qual o tipo de carta de controlo utilizada para controlar estatisticamente o processo;
8. Recolher informação acerca do modo como procedem para recalcular os limites de controlo;

9. Identificar que estatísticas habitualmente utilizam para estudar o processo;
10. Saber se as estatísticas que identificaram anteriormente se devem ou não estar incorporadas na aplicação a desenvolver;
11. Identificar algumas funcionalidades que os responsáveis da qualidade gostariam de ver numa aplicação desta natureza;
12. Identificar a informação do processo que habitualmente guardam para posterior análise;
13. Identificar outros requisitos que a aplicação deve apresentar;
14. Recolher sugestões para o desenvolvimento do sistema.

4.3.2.2 Análise das Entrevistas

As entrevistas foram todas efectuadas nas instalações das empresas visitadas no período de 5 de Junho a 19 de Setembro de 2008. Foram visitadas 14 empresas, seguidamente representadas pela nomenclatura E_1 a E_{14} . As empresas situam-se principalmente no distrito de Aveiro. O sector de produção a que pertencem apresenta-se na tabela 4.5.

Empresas	Produção
E_1 a E_5	Acessórios e componentes para a indústria automóvel
E_6	Equipamentos de cozinha
E_7	Termo tecnologia
E_8	Electrónica e telecomunicações
E_9	Aços
E_{10}	Lacticínios
E_{11}	Laboratório de Ensaios
E_{12}	Bicicletas
E_{13}	Produtos Químicos
E_{14}	Iluminação

Tabela 4.5 - Tipo de Produção das Empresas Visitadas.

Visitou-se o processo e por vezes algumas das questões foram respondidas ao longo da visita ao processo. Em 11 visitas teve-se a oportunidade de analisar alguma documentação usada, principalmente cartas de controlo e 4 delas disponibilizou parte dessa documentação. Das visitas efectuadas foi possível conhecer 5 *softwares*, dos quais 2 foram

explorados com o responsável da qualidade. Também, em duas situações presenciou-se à recolha de amostras, medição e registo dos valores das observações da amostra.

Relativamente à primeira questão do guião de entrevista, se o SPC está ou não implementado, apenas uma empresa visitada não utiliza e 4 empresas utilizam apenas quando os clientes pedem, como se pode ver na tabela 4.6.

1ª questão/ Empresas	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄
Utiliza	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
Utiliza só quando o cliente pede			✓	✓				✓				✓		
Não utiliza														✓

Tabela 4.6 - Análise da 1ª questão das Entrevistas.

A empresa E₁₄ não vai ser contemplada neste estudo, uma vez que não tem o SPC implementado, contudo manifestou interesse pelo assunto e pretende de futuro implementar as cartas de controlo.

Quanto à segunda questão, todos são unânimes quanto à utilidade desta ferramenta para o controlo da qualidade dos produtos.

Confrontadas com a questão de utilizar algum *software* para executar as cartas de controlo, 5 empresas responderam afirmativamente, como se pode averiguar na tabela 4.7:

3ª questão/Empresas	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Tem <i>software</i>	✓		✓		✓		✓			✓			
Não tem <i>software</i>		✓		✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓

Tabela 4.7 - Análise da 3ª questão das Entrevistas.

Das empresas que afirmam ter *software* para executar as cartas de controlo, 2 empresas (E₃ e E₅) não o utilizam em tempo real, sendo a carta de controlo elaborada em

papel pelo operador e os dados apenas passados para o computador algum tempo após a recolha das amostras. As empresas que não tem *software* manifestaram a necessidade de um sistema que apoie o SPC.

Quanto à 4ª questão, cada empresa referiu uma ou duas características que habitualmente controla.

A característica da qualidade que as empresas controlam habitualmente é do tipo variável, apenas uma utiliza também o tipo atributo, como se pode verificar na tabela 4.18:

5ª questão/Empresas		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Tipo de característica	Variável	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Atributo								✓					

Tabela 4.8 - Tipo de Características Controladas.

A tabela 4.9 resume como é efectuada a recolha das amostras para o cálculo dos limites de controlo:

6ª questão/Empresas		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Recolha das amostras	Por tempo			✓	✓	✓	✓		✓		✓			
	Por nº de peças	✓	✓		✓	✓	✓	✓				✓	✓	
	Por Lotes													✓
Dimensão da amostra (<i>n</i>)		1 ou 10	5	5	5	3 ou 5	3	5	10 ou 100	5	4	2 ou 3	3	5
Nº de amostras (<i>m</i>)		10	50	30	35	25	25	50	25	20	25	15 ou 25		50

Tabela 4.9 - Análise da 6ª questão das Entrevistas.

A frequência de recolha das amostras é efectuada tanto por intervalo de tempo como por número de peças. Quanto à empresa E₉, esta afirma que efectua a recolha “quando se apercebe que está a ocorrer algo no processo”. A dimensão da amostra varia entre 1, 2, 3, 4, 5 e 10 onde o valor 5 é o valor que ocorre mais frequentemente para a característica variável e o valor 100 é o mais utilizado para os atributos. O número de amostras para o cálculo dos limites varia entre 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 50, sendo o valor 25 mais frequente.

A tabela 4.10 sintetiza o tipo de cartas de controlo que as empresas implementam, o símbolo (*) significa que usam apenas a carta que controla alterações na média ou mediana do processo (\bar{X} ou \tilde{X}):

7ª questão/Empresas		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Tipo de cartas	($X, A_{móvel}$)	✓										✓		✓
	(\bar{X}, A)			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓*	✓	✓		✓
	(\bar{X}, S)	✓									✓			
	Np								✓					
	(\tilde{X}, A)		✓										✓*	
	Pequenas Produções (<i>Short Run</i>)													✓

Tabela 4.10 - Tipo de Cartas de Controlo.

O tipo de cartas mais utilizado é a carta (\bar{X}, A) (10 empresas). A carta ($X, A_{móvel}$) é usada por 3 empresas (E₁, E₁₁ e E₁₃), a carta (\bar{X}, S) usada por 2 (E₁ e E₁₀) e as cartas np , (\tilde{X}, A) e de Pequenas Produções são usadas pelas empresas E₈, E₂ e E₁₃, respectivamente. Algumas empresas (5) usam cartas diferentes consoante a característica em estudo: E₁ usa a ($X, A_{móvel}$) e (\bar{X}, S); E₈ usa (\bar{X}, A) e np ; E₁₀ usa (\bar{X}, A) e (\bar{X}, S); E₁₁ usa ($X, A_{móvel}$) e (\bar{X}, A) e E₁₃ usa ($X, A_{móvel}$), (\bar{X}, A) e de Pequenas Produções. A empresa que controla as características de atributos aplica a carta np . As empresas que usam as cartas de controlo da mediana e da amplitude (\tilde{X}, A) e da mediana (\tilde{X}) usam a mediana por ser mais fácil para o operador determinar manualmente a estatística de representação na carta de controlo.

Na tabela 4.11 caracteriza-se a forma como são calculados os novos limites de controlo para uma característica já controlada:

Empresas		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Recalculo dos limites de controlo	Dados do passado		✓								✓	✓		
	Nova recolha de dados					✓				✓				

Tabela 4.11 - Análise da 8ª questão das Entrevistas.

Verificou-se que não existe o hábito de voltar a calcular os limites de controlo ao longo do processo. Apenas 5 empresas efectuem este cálculo periodicamente, destas, 3 usam dados do passado e 2 procedem a uma nova recolha de dados para calcular os novos limites de controlo.

As estatísticas utilizadas para estudar o processo são:

Empresas		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Estatísticas	Média									✓				
	Mediana													
	Moda													
	Amplitude													
	Desvio padrão									✓				
	Histograma			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
	Capacidade do processo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	Teste à normalidade					✓								✓

Tabela 4.12 - Estatísticas usadas para Estudar o Processo.

Relativamente às estatísticas usadas para analisar o processo, todas excepto a E₁₁ usam a capacidade do processo, 8 usam o histograma para descrever o seu processo e apenas 2 usam um teste à normalidade para verificar se a característica variável a controlar segue uma distribuição aproximadamente normal antes de aplicar as cartas de controlo e a capacidade do processo.

A tabela 4.13 resume os requisitos funcionais que os responsáveis da qualidade das empresas gostariam de encontrar numa aplicação informática de SPC, por ordem decrescente do número de referências que foram feitas pelos entrevistados.

Empresas	E₁	E₂	E₃	E₄	E₅	E₆	E₇	E₈	E₉	E₁₀	E₁₁	E₁₂	E₁₃
Alerta quando o processo está “fora de controlo”: Ponto fora dos limites de controlo e/ou Regras adicionais	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			
Visualização das cartas de controlo	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓	
Guardar a informação sobre as amostras recolhidas ao longo do processo	✓					✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Analisar paralelamente a capacidade do processo		✓		✓		✓	✓		✓			✓	✓
Cálculo dos limites	✓		✓	✓		✓	✓				✓	✓	
Apresentar hipóteses previamente configuradas no sistema de causas para as situações de “fora de controlo”	✓	✓			✓			✓	✓		✓		
Alerta para recolha de cada amostra			✓	✓	✓				✓			✓	
Ajuda na decisão do <i>m</i> a recolher para o cálculo dos limites											✓		
Ajuda na decisão do <i>n</i> de cada amostra									✓				
Ajuda na decisão da frequência de recolha									✓				
Ajuda na escolha da carta de controlo adequada							✓						
Novo cálculo dos limites de controlo quando conveniente												✓	

Tabela 4.13 - Requisitos Funcionais.

No sentido de melhor perceber a organização dos processos em termos de informação, os entrevistados foram questionados sobre a informação que armazenem e/ou que gostariam de armazenar sobre os processos, em particular a informação que se relaciona com o SPC. O resultado obtido encontra-se resumido na tabela 4.14.

Empresas		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃
Requisitos de Informação	Peça/Produto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Máquina	✓	✓			✓		✓				✓	✓	
	Operador		✓			✓		✓		✓		✓	✓	✓
	Lote		✓		✓		✓			✓			✓	✓
	Matéria-prima								✓	✓				
	Equipamento de Medição		✓			✓		✓			✓	✓	✓	
	Característica	✓	✓		✓		✓							
	Processo				✓						✓			
	Carta					✓								
	Data e hora do registo	✓										✓	✓	

Tabela 4.14 – Informação que as Empresas Armazenam sobre o Processo.

Questionados sobre a informação a guardar para conhecer o processo, todas excepto a E₁₃ são unânimes quanto à necessidade de se guardar as referências da peça, 6 empresas indicam a máquina, o equipamento de medição e o lote e 7 empresas referenciam o operador.

As questões 13 e 14 consistem em reunir sugestões para gerar outros requisitos e para apoiar o desenvolvimento deste projecto. Sendo estas questões de carácter opcional, em muitas das intervenções não foi possível registar qualquer sugestão. Quando questionados sobre sugestões sobre outras funcionalidades que pretendessem ver incluídas num hipotético sistema de apoio ao SPC, alguns dos entrevistados referiram os seguintes aspectos:

- Visualização da carta de controlo para a mesma característica nos diferentes centros produtivos numa mesma interface;
- Não permitir que os limites de controlo sejam calculados sem o número de amostras necessárias para esse cálculo;
- Visualização de diversas informações relativamente ao ponto da carta de controlo seleccionado, como por exemplo, as observações da amostra que deram origem ao ponto, o operador que registou a amostra e a máquina em que foram produzidas as peças recolhidas;
- Descrição de como são calculados os limites de controlo;
- Opção de se poder visualizar a carta do tipo (\bar{X}, A) ou (\bar{X}, S) .

Para o desenvolvimento de um sistema geral foram referenciados os seguintes requisitos:

- Apresentação de ajudas para que o utilizador obtenha uma formação base para uso do sistema;
- Configuração do sistema pelo próprio utilizador de forma a serem autónomos;
- Interacção dinâmica com o utilizador;
- Utilização simples com menus e interfaces amigáveis em particular para ser usado pelo operador;
- Apresentação de níveis de acesso diferentes para os diferentes utilizadores e de uma interface diferente para o operador e para o gestor da qualidade.

Na secção seguinte são apresentados os requisitos que foi decidido incorporar no SCPSolution.

4.4 Análise dos Requisitos

Com base nas necessidades expressas nas duas secções anteriores, definiram-se os requisitos para o SPCSolution. Assim foi definido que este sistema visa primeiramente implementar as cartas de controlo mais usadas na indústria que são as cartas por variáveis (\bar{X} , A), (\bar{X} , S) e (X , $A_{móvel}$) e as cartas por atributos p , np , c e u . Os requisitos para Fase 1 são:

- Seleccionar a característica da qualidade a controlar;
- Apoiar na decisão do tipo de cartas de controlo a implementar;
- Apoiar na decisão do número de amostras a recolher (m);
- Apoiar na decisão da dimensão das amostras (n);
- Permitir a configuração da frequência e do tipo de frequência de recolha das amostras;
- Emitir alerta quando se deve fazer a recolha da amostra para o cálculo dos limites de controlo ou recolher automaticamente os valores da amostra;

- Calcular os limites de controlo correspondentes à(s) carta(s) a implementar utilizando apenas amostras consideradas válidas, ou seja, que na carta se situa dentro dos limites de controlo;
- Escolher os pontos para calcular os limites de controlo;
- Emitir alerta nas situações de “fora de controlo”;
- Desenhar a(s) carta(s) de controlo adequada.

E para a Fase 2:

- Emitir alerta para a recolha e registo dos valores da amostra ou recolher e registar automaticamente;
- Apresentar os valores na carta de controlo, em tempo;
- Emitir alerta ao responsável da qualidade, via *e-mail* ou SMS (*Short Message Service* - Serviço de Mensagens Curtas), quando existe um eventual problema (situação de descontrolo);
- Permitir que o utilizador defina a causa da situação de “fora de controlo” e as acções correctivas a implementar (mediante configuração prévia das causas e acções).

Paralelamente o utilizador terá a possibilidade de:

- Analisar a capacidade do processo através do cálculo dos índices C_p e C_{pk} , paralelamente às cartas de controlo por variáveis;
- Verificar se a característica em estudo segue uma distribuição aproximadamente normal;
- Elaborar histogramas;
- Calcular estatísticas (média, mediana, moda, amplitude e desvio padrão);
- Exportar dados para outros programas;
- Elaborar relatórios.

As tarefas para implementar uma carta de controlo serão significativamente facilitadas com o apoio do SPCSolution, conduzindo a uma redução em tempo e recursos. Permitindo a recolha das amostras, o cálculo dos limites de controlo, a construção das cartas de controlo e a emissão de alertas em tempo real.

A secção seguinte, Desenho Lógico, apresenta e descreve o desenho do sistema, traduzindo os requisitos funcionais e de informação no modelo do processo e de dados.

4.5 Desenho Lógico

Usando a linguagem UML pretende-se traduzir os requisitos apresentados na secção anterior, especificar e construir os modelos do sistema SPCSolution. Assim, apresenta-se no ponto 4.5.1 o Modelo Lógico do Processo e no ponto 4.5.2 o Modelo Lógico de Dados.

4.5.1 Modelo Lógico do Processo

No modelo lógico do processo identificam-se os actores, apresenta-se uma breve descrição dos casos de uso e constrói-se o diagrama de casos de uso.

4.5.1.1 Actores e Casos de Uso do SPCSolution

Os actores do SPCSolution são:

- Gestor da Qualidade - pessoa que conhece o processo e que é responsável pela implementação da carta de controlo;
- Operador - pessoa que regista as observações e visualiza as cartas de controlo na linha de produção;
- Sistema de medição - conjunto completo de instrumentos de medição e outros dispositivos montados para executar uma medição específica (IPQ, 1996).

Para cada actor identificado anteriormente os casos de uso são os seguintes:

Gestor da Qualidade:

- Identificar Característica;
- Preparar Recolha;
- Calcular Limites;

- Desenhar Carta;
- Visualizar Carta;
- Gerir Alarme;
- Visualizar Normalidade;
- Calcular Capacidade;
- Calcular Estatísticas;
- Construir Histograma;
- Exportar Dados.

Operador:

- Registar Observação;
- Visualizar Carta.

Sistema de medição:

- Registar Observação.

Resumidamente, cada caso de uso (CU) consiste em:

- **CU1: Identificar Característica** – identificar a característica da qualidade a controlar e indicar o tipo da característica (variável ou atributo);
- **CU2: Preparar Recolha** – antes de efectuar a recolha da amostra, o gestor da qualidade deve decidir e indicar: a frequência da recolha, o número de amostras (m) e a dimensão de cada amostra (n) para o cálculo dos limites de controlo, por defeito são indicados os valores de m e de n para apoiar o decisor nesta fase;
- **CU3: Registar Observação** – registar as observações de cada amostra recolhida;
- **CU4: Calcular Limites** – calcular os limites inferior e superior de controlo e a linha central para a carta de controlo;
- **CU5: Desenhar Carta** – apresentar automaticamente a carta de controlo correspondente à fase 1 do SPC após o cálculo dos limites de controlo;
- **CU6: Visualizar Carta** – visualizar na carta de controlo, em tempo real, a estatística resultante da recolha da amostra, que corresponde à fase 2 do SPC;
- **CU7: Gerir Alarme** – aceder ao sistema para gerir os alarmes: pesquisar alarmes, identificar a causa do alarme e implementar a acção de correcção;

- **CU8: Seleccionar Amostra** – seleccionar a amostra para calcular estatísticas, construir histograma, verificar normalidade, analisar capacidade do processo e/ou calcular limites de controlo;
- **CU9: Verificar Normalidade** – verificar se a característica variável da qualidade segue uma distribuição normal;
- **CU10: Calcular Capacidade** – calcular os índices de capacidade do processo no caso de características do tipo variáveis;
- **CU11: Calcular Estatísticas** – calcular estatísticas de localização e de dispersão: média, mediana, moda, amplitude e desvio padrão;
- **CU12: Construir Histograma** – construir um histograma para estudar o processo com base num conjunto de dados;
- **CU13: Exportar Dados** – exportar dados para outros programas e/ou elaborar relatórios com tabelas de dados, cartas de controlo implementadas, índices de capacidade de processo.

Para uma análise mais detalhada destes casos de uso consultar as narrativas estruturadas no Anexo III.

4.5.1.2 Diagrama de Casos de Uso do SPCSolution

Apresenta-se, na figura 4.4, o diagrama de casos de uso e visualizam-se as funcionalidades do sistema:



Figura 4.2 - Diagrama de Casos de Uso.

4.5.2 Modelo Lógico de Dados

O modelo lógico de dados consiste na identificação e na organização das classes e na identificação das suas relações dando origem ao diagrama de classes. Deste modo, nesta

secção pretende-se representar a informação necessária para estruturar o SPCSolution que será caracterizada através das classes e das suas relações no diagrama de classes.

Assim, no ponto 4.5.2.1 apresentam-se as relações entre as classes e o diagrama de classes, e no ponto 4.5.2.3 apresenta-se o modelo relacional.

4.5.2.1 Diagrama de Classes do SPCSolution

No sentido de clarificar a forma de estruturar a informação, serão, numa primeira fase explicadas as classes Característica, Carta, Amostra e Observação e respectivas relações, conforme apresentadas do diagrama de classes (figura 4.3).

A classe característica corresponde à característica da qualidade referente à peça que se pretende controlar e é composta pelo ‘Nome’ e ‘Tipo Característica’ (atributo ou variável). Se a característica for do tipo atributo, podem ocorrer duas situações: número de peças (unidades) defeituosas ou número de defeitos. Deve-se, ainda, decidir a frequência de recolha das amostras (‘Frequência Recolha’), a dimensão da amostra (‘Dimensão Amostra Prevista’) ou a quantidade a controlar (‘Quantidade Controlar Prevista’) e o número de amostras (‘Nº Amostras’) para o cálculo dos limites de controlo. A frequência deve ser constante ao longo do processo de recolha das amostras.

Se a característica é do tipo variável deve-se referir a unidade de medida (‘Unidade Medida’) e os limites de especificação (‘LSE’ e ‘LIE’).

A uma característica podem estar associadas uma ou mais cartas de controlo devido ao facto, por exemplo, de periodicamente se poderem calcular novos limites de controlo para a característica em estudo. Uma carta só pode estar associada a uma característica.

A classe carta tem os seguintes atributos: ‘Nome’, ‘Tipo Carta’, limites de controlo (‘LIC’, ‘LC’, ‘LSC’) e data do cálculo dos limites (‘Data Cálculo Último limites’). O tipo de carta é definido de acordo com o tipo da característica. Se a característica for do tipo atributo e de número de peças defeituosas a carta de controlo pode ser do tipo p ou np caso seja do tipo atributo e de número de defeitos podem ser do tipo u ou c . No caso de ser variável as cartas podem ser $(X, A_{móvel})$, (\bar{X}, A) ou (\bar{X}, S) .

Associadas a uma carta estão várias amostras, sendo que uma amostra pode estar representada em uma ou mais cartas. Por exemplo, quando uma amostra intervém num novo cálculo de limites para uma outra carta de controlo.

A classe amostra é composta pela data e hora de recolha, pela dimensão ou quantidade real (consoante o tipo de carta de controlo). Os restantes campos são preenchidos consoante o tipo de carta em questão:

- Média e amplitude para a carta (\bar{X}, A) ;
- Média e desvio padrão para a carta (\bar{X}, S) ;
- Valor individual e amplitude móvel para a carta $(X, A_{móvel})$;
- Proporção de peças defeituosa para a carta p ;
- Número de peças defeituosas para a carta np ;
- Número de defeitos por unidade para a carta c ;
- Número médio de defeitos por unidade para a carta u .

Uma amostra é constituída por n observações, onde n corresponde à dimensão da amostra. No caso de cartas u ou c preenche-se o campo quantidade a controlar, considerando $n=1$. A observação tem como atributo o seu valor, que corresponde à medição efectuada e o 'Nº Observação na Amostra' que corresponde ao número de observações numa amostra, este valor inicia-se a 1 para cada nova amostra.

Associadas às classes Carta e Amostra estão as classes Alarme e Carta_Amostra. Na classe Alarme estão os seguintes atributos: 'Tipo Alarme', 'Causa', 'Acção Correctiva' e 'Descrição'. E na classe Carta_Amostra está a 'Fase' e o 'Nº Amostra na Carta', que corresponde a Fase1 ou Fase2 e ao número de amostras na carta e esse número inicia em 1 para cada carta. O tipo de alarme corresponde às regras 0, 1, 2, 3 que são as regras de situações de "fora de controlo", descritas na secção 3.2.3. Os campos 'Causa' e 'Acção Correctiva' possibilitam a indicação da causa e da acção de correcção a implementar quando ocorre um alarme.

No que diz respeito à Amostra é necessário associá-la ao Equipamento de Medição, ao Operador e à Máquina, o que é feito com a criação de uma classe para cada uma das entidades referidas e respectiva associação à classe Amostra.

Verifica-se, ainda, a necessidade de identificar os lotes das peças a que se referem as observações recolhidas. Isto é feito através da criação das classes Lote e Peça.

Um lote é constituído por um só tipo de peça e é caracterizado por uma quantidade de peças e por uma 'Data'. Um tipo de peça pertence a um ou mais lotes. A classe Peça está associada a uma ou mais características e a característica está associada a uma peça.

Um lote é constituído por várias observações e uma observação está associada a um único lote.

O diagrama de classes correspondente ao sistema SPCSolution encontra-se na figura 4.3:

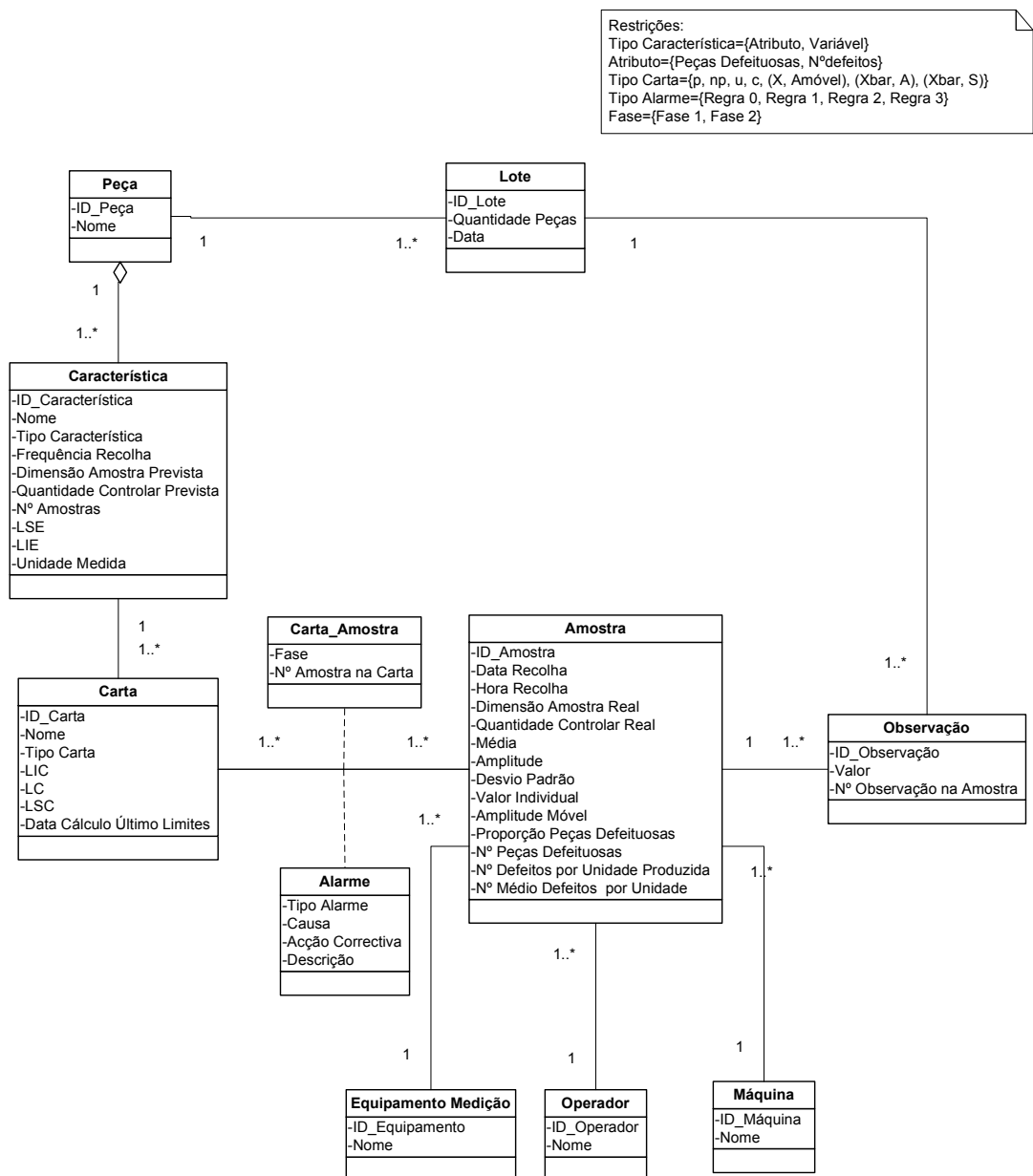


Figura 4.3 - Diagrama de Classes.

4.5.2.2 Modelo Relacional do SPCSolution

O modelo relacional correspondente ao diagrama de classes apresentado decorre da aplicação das regras referidas na secção 2.6 e apresenta-se seguidamente.

Lote	(<u>ID_Lote</u> , Quantidade Peças, Data, <i>ID_Peça</i>);
Peça	(<u>ID_Peça</u> , Nome);
Característica	(<u>ID_Característica</u> , Nome, Tipo Característica, Frequência Recolha, Dimensão Amostra Prevista, Quantidade Controlar prevista, Nº Amostra, LSE, LIE, Unidade Medida, <i>ID_Peça</i>);
Carta	(<u>ID_Carta</u> , Nome, Tipo Carta, LIC, LC, LSC, Data Cálculo Últimos Limites, <i>ID_Característica</i>);
Amostra	(<u>ID_Amostra</u> , Data Recolha, Hora Recolha, Dimensão Amostra Real, Quantidade Controlar Real, Média, Amplitude, Desvio Padrão, Valor Individual, Amplitude Móvel, Proporção Peças Defeituosas, Nº Peças Defeituosas; Nº Defeitos por Unidade Produzida, Nº Médio Defeitos por Unidade, <i>ID_Equipamento</i> , <i>ID_Operador</i> , <i>ID_Máquina</i>);
Alarme	(Tipo Alarme, Causa, Acção Correctiva, <i>ID_Amostra</i> , <i>ID_Carta</i>);
Carta_Amostra	(<i>ID_Amostra</i> , <i>ID_Carta</i> , Fase, Nº Amostra na Carta);
Observação	(<u>ID_Observação</u> , Valor, Nº Observação na Amostra, <i>ID_Amostra</i> , <i>ID_Lote</i>);
Equipamento Medição	(<u>ID_Equipamento</u> , Nome);
Operador	(<u>ID_Operador</u> , Nome);
Máquina	(<u>ID_Máquina</u> , Nome).

Neste capítulo intitulado de Estudo de Caso apresentou-se a especificação do SPCSolution - sistema de informação para apoiar o Controlo Estatístico de Processos na indústria. O SPCSolution pretende ir ao encontro das necessidades da indústria.

4.5.3 Requisitos Gerais

O sistema SPCSolution será utilizado pelo operador junto da linha de produção e pelo responsável da qualidade na análise ao processo. A interface do operador e do responsável da qualidade são diferentes devido às suas funções. A interface do posto de trabalho do operador avisa quando se deve recolher uma amostra, o operador recolhe e procede ao registo dos valores da amostra ou esta acção é efectuada automaticamente por um sistema de medição. O sistema de medição deve ser compatível com as necessidades de medição da característica da qualidade a controlar e com o sistema desenvolvido. O sistema emite alerta se existir uma situação de “fora de controlo”, assim, o operador deve proceder à paragem da produção para averiguar a causa, este alerta é comunicado também ao gestor da qualidade por *e-mail* ou SMS. O operador visualiza em tempo real a carta de controlo referente à característica da qualidade em estudo. O gestor da qualidade, por sua vez, pode efectuar o trabalho de preparação da recolha das amostras e de cálculo dos limites, visualizar todas as cartas de controlo, atender os alarmes das situações de “fora de controlo” e analisar o processo com apoio das estatísticas disponíveis no sistema.

As diferentes regras de alarme são configuráveis e serão deixadas ao critério do utilizador mas a situação de um ponto fora dos limites de controlo é obrigatória. O responsável da qualidade deve indicar a causa do alerta e a acção de correcção a implementar. Inicialmente quando ocorrer um alarme o utilizador terá de facultar a causa e a acção de correcção a implementar de forma descritiva, para que numa fase posterior essas informações possam ser codificadas para auxiliar os problemas semelhantes que possam surgir.

Alguns requisitos de funcionalidade comum a toda a aplicação:

- Ao entrar no sistema deverá existir uma funcionalidade que permita reconhecer o utilizador e o seu nível de acesso, por intermédio de um nome de utilizador e de uma palavra-passe;
- O nível de acesso depende do utilizador, desta forma o sistema deverá bloquear a utilização das funcionalidades que não estão associadas às suas tarefas;

- As mensagens de aviso e/ou alerta deverão ser adequadas à situação e devem ser enviadas para todos os intervenientes.

Quanto aos requisitos de interface deve-se ter o cuidado, por exemplo, de:

- Utilizar tipos de letra e cores que permitam a legibilidade da informação, quer em ecrã de computador e/ou de Assistente Pessoal Digital (PDA - *Personal Digital Assistants*) se necessário;
- Utilizar janelas de gráfico de tamanho apropriado e de forma a que as cartas de controlo sejam bem visíveis.

Quanto aos requisitos para o desempenho do sistema deve-se garantir que:

- Os avisos são automaticamente enviados para o posto de trabalho do utilizador responsável pelo prosseguimento da tarefa;
- O nível de acesso é adequado a cada utilizador;
- O utilizador não pode avançar numa tarefa sem ter executado uma outra essencial ao correcto procedimento da metodologia para implementação das cartas de controlo.

No SPCSolution estão disponíveis as cartas de controlo mais utilizadas na indústria. Para a implementação em particular destas cartas de controlo recorreu-se à metodologia das duas fases. Nesta aplicação está presente a condição imprescindível para a implementação adequada das cartas de controlo por variáveis que consiste na verificação da distribuição normal da característica variável. Esta solução apresenta também algumas estatísticas necessárias para analisar o processo: de localização, de dispersão, histograma, índices de capacidade do processo e teste à normalidade.

5 Conclusões

Conteúdos

- Conclusões Gerais
- Perspectivas de Desenvolvimento Futuro

5.1 Conclusões Gerais

Com o sistema SPCSolution aqui especificado pretende-se ir de encontro às necessidades detectadas pela indústria e abranger as diversas funcionalidades analisadas no estudo de aplicações de apoio ao SPC existentes no mercado.

O controlo estatístico de processos é ainda pouco usado na indústria e, muitas vezes, usado sem um conhecimento profundo, da parte de quem o usa, das potencialidades que apresenta. Existe uma tendência generalizada para usar o SPC de uma forma errada, utilizando mal as cartas de controlo na Fase 2 porque se ignora a Fase 1.

Procurou-se, também, colmatar as necessidades da indústria assim como algumas dificuldades sentidas, junto de algumas empresas, na implementação do controlo estatístico de processos. Os responsáveis da qualidade entrevistados manifestaram a necessidade de um *software* que apoie o SPC.

O modelo que se especificou neste trabalho permitir seleccionar a característica da qualidade a controlar, apoiar na decisão do tipo de carta(s) de controlo a implementar ((\bar{X}, A) , (\bar{X}, S) , $(X, A_{móvel})$, p , np , c e u), apoiar na decisão do número de amostras a recolher (m) e da dimensão das amostras (n), permitir a configuração da frequência e do tipo de frequência de recolha das amostras, alertar quando se deve fazer a recolha da amostra para o cálculo dos limites de controlo ou recolher automaticamente os valores da amostra, calcular os limites de controlo correspondentes à(s) carta(s) a implementar, alertar para as situações de “fora de controlo”, desenhar a(s) carta(s) de controlo adequada(s) apresentando os valores na carta de controlo em tempo real, alertar o responsável da qualidade, via *e-mail* ou SMS quando existe um eventual problema (situação de descontrolo) e permitir que o utilizador defina a causa da situação de “fora de controlo” e as acções correctivas a implementar (mediante configuração prévia das causas e acções). São também

contemplados no sistema outras ferramentas de apoio à tomada de decisão como o cálculo dos índices C_p e C_{pk} , paralelamente às cartas de controlo por variáveis, verificar se a característica em estudo segue uma distribuição aproximadamente normal, elaborar histogramas, calcular estatísticas de localização (média, mediana e moda) e de dispersão (amplitude e desvio padrão), exportar dados para outros programas, elaborar relatórios.

Considera-se que este sistema, para além de gerir informação relativamente ao SPC, permite apoiar a tomada de decisão, como por exemplo atribuindo valores por defeito ao m e ao n , apoiando também na decisão do tipo de cartas a implementar e permitindo gerir os alarmes.

5.2 Perspectivas de Desenvolvimento Futuro

O sistema SPCSolution deverá ser implementado com base nos requisitos identificados e especificados nos modelos do processo e de dados e na base de dados cujo modelo relacional se apresentou. O sistema deverá ser testado com apoio de uma empresa piloto, podendo posteriormente ser implementado em outras empresas.

O SPCSolution, deverá apresentar uma interface amigável e de fácil utilização para o utilizador que interage com o sistema na execução das tarefas. Deverá, também, ser criado um manual de utilização para apoiar o utilizador na configuração do sistema e ajudá-lo com as funcionalidades do sistema, baseado em exemplos ilustrativos mostrando os diversos passos sequenciais para a implementação da carta de controlo adequada. O manual deverá disponibilizar, também, as fórmulas dos limites de controlo e dos índices de capacidade do processo. Para além do manual de utilizador, poderá ser criado um apoio de formação *on-line* para apoiar os utilizadores na construção dos procedimentos de implementação da carta de controlo adequada.

De forma a divulgar e dar conhecer as potencialidades do SPC podem ser organizadas acções de formação, para os diversos públicos-alvo (responsáveis da qualidade, operadores),

A análise das aplicações informáticas, estudo efectuado na secção 4.3.1, que consistiu em analisar as características funcionais de várias aplicações com o critério apresenta ou não apresenta, foi o possível devido ao acesso à informação, que dependeu de várias modalidades: utilização directas do programa, análise com os responsáveis da qualidade entrevistados, versões de demonstração. O estudo destas funcionalidades pode ser melhorado com base em condições iguais de modalidade de análise em que vários utilizadores possam classificar as funcionalidades de diversas aplicações numa escala, por exemplo, de 1 a 5 em que 1 é não satisfaz e 5 é satisfaz bastante.

Sendo esta solução uma ferramenta abrangente, deverão ser introduzidas em fases posteriores outras cartas de controlo, nomeadamente:

- cartas de controlo da mediana e da amplitude;
- cartas de controlo para pequenas produções (*short run*) usadas em algumas das empresas visitadas;
- cartas de controlo do tipo variável quando a dimensão das amostras não é constante;
- cartas especiais CUSUM e EWMA como complemento às cartas clássicas;
- cartas multivariadas para que o sistema integre todas as cartas de controlo.

Referências

- Alter, S. (1999). Information Systems: A Management Perspective, Addison-Wesley;
- Alvelos, H. M. P. P. D. e. (2002). Análise, Desenvolvimento e Teste de Métodos e Técnicas para Controlo Estatístico em Análise Sensorial. Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
- Amaral, L., R. Magalhães, et al. (2005). Sistemas de Informação Organizacionais. Lisboa, Edições Sílabo;
- Antony, J. (2000). "Ten key ingredients for making SPC successful in organisations." Measuring Business Excellence 4(4): 7 – 10;
- Avison, D. e G. Fitzgerald (2003). Information Systems Development: Methodologies, Techniques, and Tools. Maidenhead, McGraw-Hill;
- Avison, D. E., H. U. Shah, et al. (1992). "Applying methodologies for information systems development." Journal of Information Technology 7: 127-140;
- Bell, D. (2003). "UML basics: An introduction to the Unified Modeling Language." [cons. 8 Set. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/769.html> >;
- Booch, G., J. Rumbaugh, et al. (1999). The Unified Modeling Language User Guide. Reading (MA), Addison-Wesley;
- Cabral, J. A. S. (2004). Notas de Apoio à disciplina de Gestão da Qualidade. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
- Carvalho, J. Á. e L. Amaral (1993). "Matriz de Actividades: Um enquadramento Conceptual para as Actividades de Planeamento e Desenvolvimento de Sistemas de Informação." Sistemas de Informação 1: 37-48;
- Chen, K. S., H. L. huang, et al. (2007). "Control Charts for One-sided Capability Indices." Quality & Quantity 41: 413-427;
- Cheng, S. W. e K. Thaga (2006). "Single Variables Control Charts: an Overview." Quality and Reliability Engineering International 22: 811-820;

- Donnelly, J. J. H., J. L. Gibson, et al. (2000). Administração: Princípios de Gestão Empresarial. Lisboa, McGraw-Hill;
- Duckworth, F. B. (1986). An Investigation of IBM's Business Systems Planning (BSP) as a Suitable Methodology for Strategic Information Systems Planning for the Naval Reserve, Defense Technical Information Center. [cons. 20 Mar. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: <http://stinet.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA175214>>;
- Dugan, R. E. e R. D. Fulweiler (2001). "The Role of Management Information Systems." Journal of Academic Librarianship **27**(5): 386-390;
- Ein-Dor, P. e E. Segev (1993). "A Classification of Information Systems: Analysis and Interpretation." Information Systems Research **4:2**: 166-204;
- Fey, R. e J. M. Gogue (1983). Princípios da Gestão da Qualidade. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian;
- Figueiredo, F. O. d. S. (2002). Controlo estatístico da qualidade e métodos robustos Departamento de Estatística e Investigação Operacional. Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa;
- Fitzgerald, B. (1998). "An emperical investigation into the adoption of systems development methodologies." Information & Management **34**: 317-328;
- Fonseca, J. (2001). Estatística Matemática. Lisboa, Edições Sílabo;
- Gouveia, L. B. (2002). "Gestão da Informação. Competências críticas para a Sociedade da Informação e do Conhecimento." [cons. 5 Dez. 2007] Disponível na World Wide Web: <URL: www.ufp.pt/~lmbg>;
- Gouveia, L. B. e J. Ranito (2004). Sistemas de Informação de Apoio à Gestão. Porto, SPI-Sociedade Portuguesa de Inovação;
- Gouveia, L. M. B. (2005). "Sociedade da Informação." [cons. 5 Dez. 2007] Disponível na World Wide Web: <URL: www.ufp.pt/~lmbg>;
- Gryna, F. M., R. C. H. Chua, et al. (2007). Juran's Quality Planning and Analysis: for enterprise quality. New York, McGraw-Hill;
- Guimarães, R. C. e J. S. Cabral (2007). Estatística. Lisboa, McGraw Hill;
- Hair, J. J. F., R. E. Anderson, et al. (1998). Multivariate Data Analysis. Upper Saddle River, Prentice-Hall;
- Iivari, J., R. Hirschheim, et al. (2001). "A Dynamic Framework for Classifying. Information Systems Development. Methodologies and Approaches." Journal of Management Information Systems **17**(3): 179-218;
- IPQ (1996). Vocabulário Internacional de Metrologia. Lisboa, Instituto Português da Qualidade;
- Ketele, J.-M. d. e X. Roegiers (1993). Metodologia da Recolha de Dados. Lisboa, Instituto Piaget;
- Kume, H. (1993). Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade. São Paulo, editora Gente;

- Krumwiede, D. e C. Sheu (1996). "Implementing SPC in a small organization: a TQM approach." Integrated Manufacturing Systems 7(1): 45–51;
- Laudon, K. C. e J. P. Laudon (2006). Management Information Systems: Managing the Digital Firm. New Jersey, Pearson Prentice Hall;
- Lin, H.-C. e G.-J. Sheen (2005). "Practical Implementation of the Capability Index C_{pk} Based on the Control Chart Data." Quality Engineering 17: 371-390;
- Livro Verde. (1997). "Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal. Missão para a Sociedade da Informação." [cons. 2 Mai. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.posc.mctes.pt/documentos/pdf/LivroVerde.pdf>>;
- Lopes, M. J. d. M. (1997). Sistemas de Informação para a Gestão. Lisboa, Universidade Aberta;
- Lovell, G. (2003). "Assessing the impact of systems analysis and design on the project: proposed curricula changes." [cons. 28 Mar. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: http://www.naccq.ac.nz/conference04/proceedings_03/pdf/331.pdf>;
- Mascarenhas, J. A. (1986). A Proposal for a Computer-Based Information System to Support the Portuguese Air Force War College (IAEFA), Defense Technical Information Center. [cons. 20 Mar. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: <http://stinet.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA168929>>;
- Moigne, J.-L. L. (1974). Les Systèmes de Décision dans les Organisations. Paris, Presses Universitaires de France;
- Molin, P. e H. Abdi. (1998). "New Tables and numerical approximation for the Kolmogorov- Smirnov/Lilliefors/Van Soest test of normality." [cons. 8 Jul. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: www.utd.edu/~herve/MolinAbdi1998-LillieforsTechReport.pdf>;
- Montgomery, D. C. (1992). "The use of Statical Process Control and Design of Experiments in Product and Process Improvement." IIE Transactions 24(5): 4-17;
- Montgomery, D. C. (2001). Introduction to Statistical Quality Control. New York, John Wiley & Sons, Inc.;
- Novitzki, J. E., C. Keyser, et al. (2001). "M² Worldwide VPN Project." [cons. 28 Mar. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: http://www.capstone.spsbe.jhu.edu/previous/spring01/M2%20Montgomery/M2_SO_W_0227.pdf>;
- Nunes, M. e H. O'Neil (2003). Fundamental de UML. Lisboa, FCA - Editora de Informática;
- Parker, C. (1993). Management information systems: strategy and action. New York, McGrawHill;
- Pereira, J. L. (1998). Tecnologia de Bases de Dados. Lisboa, FCA - Editora de Informática;
- Pereira, Z. L. e J. G. Requeijo (2008). Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos. Lisboa, Prefácio;

- Ramos, P. N. (2006). Desenhar Bases de Dados com UML. Lisboa, Edições Sílabo;
- Rascão, J. (2004). Sistemas de Informação para as Organizações - A Informação Chave para a Tomada de Decisão. Lisboa, Edições Sílabo;
- Saur, I. A. (2005). Gestão de Informação e Conhecimento: caso específico de um projecto de inovação e I&D multidisciplinar. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia. Aveiro, Universidade de Aveiro;
- Schneider, G. e J. P. Winters (2001). Applying use cases: a practical guide. Reading (MA) Addison-Wesley;
- Schultheis, R., M. Sumner, et al. (1992). Management Information Systems: The Manager's View. Boston, IRWIN;
- Silva, R. V. e A. Neves (2003). Gestão de Empresas na Era do Conhecimento. Lisboa, Edições Sílabo;
- Souto, M. (2004). Notas de apoio à disciplina de Estatística Aplicada. Aveiro, Departamento de Matemática da Universidade de Aveiro;
- StatSoft (2008). "Multidimensional Scaling." [cons. 28 Jun. 2008] Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html> >;
- Varajão, J. (2005). Arquitectura da Gestão de Sistemas de Informação. Lisboa, FCA - Editora de Informática;
- Vieira, J. C. (2001). Controlo Estatístico do Processo. Lisboa, Instituto Português da Qualidade;
- Whitten, J. L., L. D. Bentley, et al. (2004). Systems Analysis and Design Methods. Boston, McGraw-Hill;
- Wu, C.-W. e W. L. Pearn (2006). "Bayesian approach for measuring EEPROM process capability based on the one-sided indices C_{PU} and C_{PL} ." Int J Adv Manuf Technol **31**: 135-144;
- Wu, Z. e Y. Tian (2006). "Weighted-loss-function control charts." Int J Adv Manuf Technol **31**: 1007-115;
- Zachman, J. A. (1982). "Business Systems Planning and Business Information Control Study: A comparison." IBM Systems Journal **21**(1): 31-53;
- Zorrinho, J. C. d. D. (1990). Estrutura da Empresa e Sistema de Informação; Referencial Metodológico para Desenvolvimento Interactivo. Universidade de Évora. Évora, Universidade de Évora.

Endereços Electrónicos

ASI DataMyte - Total Quality Solutions [USA] cop. s.d., act. s.d. [cons. 29 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.asidatamYTE.com/solution.aspx?id=34> >;

Datalyzer Spectrum - Controle Estatístico de Processo [Brasil] cop. s.d., act. s.d. [cons. 2 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.datalyzer.com.br/site/html/>>;

EGITRON - Engenharia e Automação Industrial, Lda. [Mozelos] cop. s.d., act. s.d. [cons. 30 Jun. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.egitron.pt/>>;

Elecsoft – Ingeniería y Sistemas Informáticos para la Industria [Barcelona] cop. s.d., act. s.d. [cons. 23 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.elecsoft.com/index.htm>>;

Factory Systems [Columbia] cop. s.d., act. s.d. [cons. 3 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.factorysystems.net/index.html>>;

Midas + Statit - Statit e-QC [USA] cop. 2007, act. s.d. [cons. 1 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.statit.com/statiteqc/index.shtml>>;

Minitab [s.l.] cop. 2008, act. s.d. [cons. 5 Set. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.minitab.com/>>;

NCSS - Statistical & Power Analysis Software [USA] cop. s.d., act. s.d. [cons. 27 Jun. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.ncss.com/>>;

Normatec – Especialistas en Software para la Calidad [Barcelona] cop. 2008, act. 9 Jul. 2008 [cons. 24 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.normatec.com/index.htm>>;

Q-DAS [USA] cop. s.d., act. s.d. [cons. 19 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: http://q-das.com/qs-STAT/Process_Analysis.htm>;

Sinmetro [Leiria] cop. s.d., act. s.d. [cons. 21 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.sinmetro.pt/>>;

SPC for Excel [s.l.] cop. s.d., act. s.d. [cons. 13 Jun. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.spcforexcel.com/software.htm>>;

SPSS [Chicago] cop. 2008, act. s.d. [con 10 Set. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.spss.com/>>;

SQC pack [Canada] cop. 1999, act. 2005 [cons. 9 Set. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.qmproducts.com/sqc.shtml>>;

StatSoft - Statistica [s.l.] cop. 1984, act. 2008 [con. 11 Set. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://www.statsoft.com/>>;

Triplei – Ingeniería Informatica Industrial [Barcelona] cop. s.d., act. s.d. [cons. 22 Jul. 2008]. Disponível na World Wide Web: <URL: <http://triplei.es/webmaster2008ne/wfPrincipal.aspx>>;

Anexos

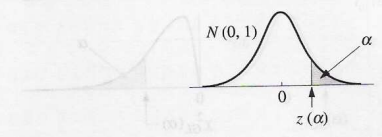
Conteúdos

- Tabelas
- Guião da Entrevista
- Narrativas dos Casos de Uso do SPCSolution

Anexo I – Tabelas

A tabela I apresenta os valores da probabilidade associada à cauda direita da distribuição normal padronizada.

Os valores tabelados correspondem à área α assinalada na Figura: $P[Z \geq z(\alpha)] = \alpha$.



$Z(\alpha) = a + b$										
$b \rightarrow$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
$a \downarrow$										
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1921	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.00100

Tabela XV - Distribuição Normal Padronizada¹⁹

¹⁹ Guimarães e Cabral (2007).

A tabela II apresenta os valores críticos da distribuição da estatística $D = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$ para populações normais e parâmetros estimados a partir de amostras de dimensão quando se aplica o Teste Kolmogorov-Smirnov Lilliefors.

Dimensão da amostra	Nível de significância (α)					
	<i>N</i>	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
4		0.300	0.319	0.352	0.381	0.417
5		0.285	0.299	0.315	0.337	0.405
6		0.265	0.277	0.294	0.319	0.364
7		0.217	0.253	0.276	0.300	0.348
8		0.233	0.244	0.261	0.285	0.331
9		0.223	0.233	0.249	0.271	0.311
10		0.215	0.224	0.239	0.258	0.294
11		0.206	0.217	0.230	0.249	0.284
12		0.199	0.212	0.223	0.242	0.275
13		0.190	0.202	0.214	0.234	0.268
14		0.183	0.194	0.207	0.227	0.261
15		0.177	0.187	0.201	0.220	0.257
16		0.173	0.182	0.195	0.213	0.250
17		0.169	0.177	0.189	0.206	0.245
18		0.166	0.173	0.184	0.200	0.239
19		0.163	0.169	0.179	0.195	0.235
20		0.160	0.166	0.174	0.190	0.231
25		0.149	0.153	0.165	0.180	0.203
30		0.131	0.136	0.144	0.161	0.187
>30		0.730	0.768	0.805	0.886	1.031
		\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}

Tabela XVI - Valores Críticos da Distribuição da Estatística D, para o Teste Kolmogorov-Smirnov Lilliefors da distribuição normal da população²⁰

²⁰ Guimarães e Cabral (2007).

A tabela III apresenta os valores das constantes usadas para calcular os limites de controlo para as cartas de controlo por variáveis. Estas constantes dependem de n (dimensão da amostra).

Observations in Sample, n	Chart for Averages			Chart for Standard Deviations								Chart for Ranges							
	Factors for Control Limits			Factors for Center Line		Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits							
	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4			
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267			
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575			
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282			
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115			
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004			
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924			
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864			
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816			
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777			
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744			
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717			
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693			
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672			
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653			
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637			
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622			
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608			
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597			
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585			
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575			
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566			
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557			
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548			
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541			

For $n > 25$.

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \quad A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \quad c_4 \approx \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

Tabela XVII - Valores das constantes dos limites de controlo para as cartas de controlo por variáveis ²¹

²¹ Montgomery (2001).

Anexo II - Guião da Entrevista

Empresa:

Director/Gestor da qualidade:

Data:

Hora:

Local:

Enquadramento:

A presente entrevista refere-se à especificação de um sistema para a implementação do Controlo Estatístico de Processos (SPC), a ser efectuado no âmbito da elaboração de uma dissertação de mestrado em Gestão da Informação do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro. Pretende-se uma visão prática de como a indústria organiza este tipo de informação e como exerce habitualmente essas tarefas para que a aplicação informática a ser desenvolvida corresponda às necessidades sentidas na indústria.

Deste modo, seria muito útil obter a opinião do Senhor Engenheiro no sentido de verificar se os requisitos previamente identificados através de uma análise efectuada às diversas referências bibliográficas acerca do tema vão ao encontro das necessidades.

Objectivos:

Obter a opinião do Director/Gestor da Qualidade sobre os requisitos do Sistema de Informação para o Controlo Estatístico de Processos;

Conhecer um processo que implementam as Cartas de Controlo;

Ver uma Carta de Controlo;

Questões:

1. O SPC (cartas de controlo) está implementado nesta empresa?

Sim ___ Não ___

2. Acha que o SPC é uma ferramenta útil para o controlo da qualidade dos produtos?

Sim ___ Não ___

3. Utiliza algum software para implementar as Cartas de Controlo?

Sim ___ Não ___

Se respondeu sim:

Qual o software que utiliza para implementar as Cartas de Controlo?

O software foi desenvolvido (internamente/externamente) à medida das necessidades da empresa ou foi adquirido? _____

Esse software apresenta algumas desvantagens? _____

E vantagens? _____

Se o SPC estiver implementado pode responder ao seguinte conjunto de questões. Mas, caso não, poderá indicar como gostaria que esta ferramenta estivesse implementada.

4. Que características da qualidade controla/gostaria de controlar?

(1) _____

(2) _____

(3) _____

5. De que tipo é/são a(s) característica(s) da qualidade que controla? (esta questão pode ser respondida através da resposta a questão anterior)

(1) Variável ___ Atributos___

(2) ___

6. Como é efectuada a recolha das amostras para o cálculo inicial dos limites de controlo e para a posterior monitorização do processo?

6.1. Por tempo___ Por número de peças___

Se respondeu por tempo:

Qual o intervalo de tempo entre amostras? ½ hora ___ 1 hora___ outra (qual?)_____

Se respondeu por número de peças:

Qual o intervalo de número de peças? _____

Outro intervalo:

Qual? _____

6.2. Quanto à dimensão da amostra (n):

Valor da dimensão da amostra_____

6.3. Quanto ao número de amostras (m) para o cálculo dos limites:

Número de amostras_____

7. Que tipo de cartas de controlo utiliza/utilizaria?

Carta (\bar{X} , $A_{móvel}$) ___ Carta (\bar{X} , A) ___ Carta (\bar{X} , S) ___

Carta p ___ Carta np ___ Carta c ___

Carta $CUSUM$ ___ Carta $EWMA$ ___

Outra(s) Carta(s) ___ Qual/quais? _____

8. Habitualmente volta a calcular os limites de controlo:

Sim ___ Não ___

Se sim, utiliza os últimos dados recolhidos ou efectua nova recolha?

Dados do passado___ Nova recolha de dados___

9. Utiliza outras estatísticas para estudar o processo?

Sim ___ Não ___

Se sim, indique quais as estatísticas que habitualmente utiliza?

Estatísticas de localização: média ___ mediana ___ moda ___

Estatísticas de dispersão: amplitude ___ desvio padrão ___

Histograma ___

Capacidade do Processo ___

Outra/outras ___ Qual/quais? _____

10. Na sua opinião acha que um software de SPC deveria ter incorporado um módulo com as estatísticas referidas para apoiar o gestor da qualidade na análise prévia ao processo?

Sim ___ Não ___

Se sim, indique quais as estatísticas que deveriam constar no módulo?

Estatísticas de localização: média ___ mediana ___ moda ___

Estatísticas de dispersão: amplitude ___ desvio padrão ___

Histograma ___

Capacidade do Processo ___

Estatísticas adicionais: Quais? _____

A implementação do SPC engloba duas fases. A primeira fase consiste na recolha de m amostras de dimensão n para calcular os limites de controlo. Na segunda fase utilizam-se os limites calculados da fase anterior e, em tempo real, recolhem-se, sequencialmente amostras e visualizam os respectivos pontos na carta de controlo.

11. Que funcionalidades gostaria de obter através de um software desta natureza?

Para a primeira fase:

Ajuda na escolha da carta de controlo adequada ____

Ajuda na decisão do número de amostra a recolher para o cálculo dos limites da(s) carta(s) ____

Ajuda na decisão da dimensão de cada amostra ____

Ajuda na decisão da frequência de recolha ____

Alerta para recolha de cada amostra ____

Cálculo dos limites de controlo ____

Visualização das cartas de controlo ____

Para a segunda fase:

Visualização das cartas de controlo em tempo real ____

Alerta quando o processo está “fora de controlo”:

Ponto fora dos limites de controlo ____

Regras adicionais ____

Novo cálculo dos limites de controlo quando conveniente ____

Guardar a informação sobre as amostras recolhidas ao longo do processo ____

Analisar paralelamente a capacidade do processo ____

Outros: _____

12. Que informação gostaria de guardar/habitualmente guarda (por exemplo: em outras aplicações) relativo ao processo, para posterior identificação da característica da qualidade a controlar?

Peça __ Máquina __ Operador __ Lote__ Matéria-prima __

13. Há algum requisito em particular que gostaria de ver presente numa aplicação informática desta natureza?

14. Deseja contribuir com mais alguma sugestão para apoiar o desenvolvimento deste projecto?

Muito obrigada pela sua colaboração

Anexo III - Narrativas dos Casos de Uso do SPCSolution

Apresentam-se as narrativas estruturadas de cada CU apresentado no diagrama de casos de uso, define-se a finalidade, os actores intervenientes, as pré-condições, a sequência típica dos eventos, as sequências alternativas e extensões e algumas observações.

Para entrar no sistema, qualquer utilizador deve introduzir o seu nome de utilizador e a sua palavra-passe. Antes de aceder ao CU1, Identificar Característica, o gestor da qualidade deve conhecer o processo e necessita de identificar qual a característica da qualidade que vai controlar para implementar a carta de controlo correspondente.

Nome:	CU1: Identificar Característica
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Identificar a característica da qualidade a controlar.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	
Sequência típica dos eventos:	1. O gestor da qualidade acede ao campo de identificação da característica; 2. Identifica a(s) característica(s) da qualidade a controlar no processo; 3. O sistema pede que identifique o tipo de característica: 3.1. Se a característica é do tipo variável - o sistema usa cartas variáveis; 3.2. Se a característica é um atributo, o sistema pede que identifique de que espécie é o atributo: 3.2.1. Se a característica é número de peças defeituosas – o sistema utiliza cartas de defeituosas; 3.2.2. Se a característica a controlar é número de defeitos – o sistema utiliza cartas de defeitos.
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;
Observações:	2a. Simultaneamente ou anteriormente é necessário identificar a peça e os recursos que estão associados ao processo, isto é, o operador, a máquina e o equipamento de medição. Esta identificação pode estar associada a outro sistema; 3a. Se o gestor da qualidade não identificar o tipo de característica, o sistema não poderá saber qual o tipo de carta.

Tabela XVIII - Narrativa do CU1: Identificar Característica.

Antes de se efectuar a recolha da amostra deve-se decidir a frequência da recolha, o número de amostras a recolher para o cálculo dos limites de controlo e a dimensão de cada amostra, mas estas tarefas vão estar condicionadas pelo tipo de característica da qualidade escolhida no CU1: Identificar Característica.

Nome:	CU2: Preparar Recolha
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Decidir a frequência da recolha (Δ); Escolher o número de amostras (m); Escolher a dimensão da amostra (n) ou a quantidade a controlar (q).
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	Ter seleccionado o tipo de característica da qualidade a controlar (CU1).
Sequência típica dos eventos:	<p>Do CU1 o sistema sabe que carta de controlo deve usar, assim:</p> <p>A. Para as cartas variáveis:</p> <p>1. O sistema pergunta ao utilizador se deseja verificar se a distribuição da variável em estudo segue uma distribuição normal, isto é, uma pré-condição para se usar as cartas variáveis: Se sim o sistema remete o procedimento para o CU9: Verificar Normalidade;</p> <p>2. O sistema pede a frequência da recolha das amostras (Δ):</p> <p>2.1. Se é por tempo – o gestor deve decidir o valor do intervalo de tempo (Δ_t);</p> <p>2.2. Se é por número de peças – o gestor deve decidir o valor do intervalo de peças ($\Delta_{peças}$);</p> <p>3. O sistema pergunta o número de amostras a recolher (m), sugere que esse valor deve estar compreendido entre 25 a 30 e por defeito assume $m=25$;</p> <p>4. O gestor deve identificar se a dimensão da amostra a controlar é constante: Se a dimensão da amostra é constante, o sistema solicita a escolha da dimensão da amostra (n), sugere que esse valor deve estar entre 1 e 10 e por defeito assume $n=5$:</p> <p>4.1. Se $n=1$ – o sistema usa as cartas ($\bar{X}, A_{móvel}$);</p> <p>4.2. Se n está entre 2 e 5 – o sistema usa as cartas (\bar{X}, A);</p> <p>4.3. Se $n > 5$ – o sistema usa as cartas (\bar{X}, S).</p> <p>B. Para as cartas de peças defeituosas:</p> <p>1. O sistema pede ao utilizador que decide a frequência da recolha das amostras:</p> <p>1.1. Se é por intervalo de tempo – o gestor deve decidir o valor do intervalo de tempo (Δ_t);</p> <p>1.2. Se é por intervalo de número de peças – o gestor deve decidir o valor do intervalo de peças ($\Delta_{peças}$);</p> <p>2. O sistema solicita a escolha do número de amostras a recolher (m), sugere que esse valor deve estar compreendido entre 25 a 30 e por defeito assume 25;</p> <p>3. O gestor deve identificar se a dimensão da amostra a controlar é constante:</p> <p>3.1. Se a dimensão da amostra é constante:</p> <p>3.1.1. O sistema pede ao utilizador para decidir qual das cartas usar, se a carta np ou a carta p;</p> <p>3.1.2. O gestor deve seleccionar a dimensão da amostra (n), o sistema sugere que o valor deve estar entre 25 e 250 e por defeito considera 100;</p> <p>3.2. Se a dimensão da amostra não é constante, o sistema usa a carta p com a dimensão da amostra variável (Carta p_{n_i}).</p> <p>C. Para as cartas de defeitos:</p> <p>1. O utilizador decide a frequência da recolha da amostra:</p> <p>1.1. Se é por intervalo de comprimento: o gestor deve indicar a unidade de comprimento (por exemplo, metros (m)) e definir o valor do intervalo de comprimento (Δ_{comp});</p> <p>1.2. Se é por intervalo de área: o gestor deve indicar a unidade da área a controlar (por exemplo, metros quadrados (m²)) e definir o valor do intervalo de área ($\Delta_{área}$);</p> <p>1.3. Se é outro tipo de frequência de recolha: o gestor deve indicar a unidade e definir o valor do intervalo (Δ);</p>

	<p>2. Deve escolher o número de amostras a recolher (m), este valor deve estar compreendido entre 25 a 30 e por defeito o sistema assume 25;</p> <p>3. O gestor deve identificar se a quantidade de defeitos a controlar é fixa ou não:</p> <p>3.1. Se a quantidade a controlar é fixa o utilizador deve escolher a quantidade a controlar (q) - o sistema usa a carta c;</p> <p>3.2. Se a quantidade a controlar não é constante - o sistema usa a carta u.</p>
Sequências alternativas e extensões:	<p>Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;</p> <p>A.1a. A verificação da normalidade pode ser deixada ao critério do utilizador, mas o sistema deverá lembrar que é aconselhável efectuar o teste à normalidade (CU9).</p>
Observações:	<p>A.4.a. Alguns autores indicam que quando $n=6$ se deve usar a carta (\bar{X}, A), deste modo deve haver a possibilidade de escolher entre as cartas (\bar{X}, A) e (\bar{X}, S) quando n está próximo de 5;</p> <p>A.4.b. A dimensão da amostra pode ser variável mas as cartas para amostras com dimensão variável não vão ser contempladas nesta fase do estudo;</p> <p>A.3a. B.2a. C.2a. Por defeito m é 25 e deve estar entre 25 e 30, mas o utilizador pode definir outro valor para m.</p>

Tabela XIX - Narrativa do CU2:Preparar Recolha.

Após a definição da frequência de recolha, do número de amostras e da dimensão das amostras pode-se efectuar a recolha e o registo das amostras para o cálculo dos limites de controlo.

Nome:	CU3: Registar Observação
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Efectuar a recolha das amostras; Registar as observações (os valores das m amostras).
Actores:	Operador Sistema de medição
Pré-condições:	Estar definido o número de amostras (m) a recolher, a dimensão de cada amostra (n) ou a quantidade a controlar (q) e a frequência da recolha (Δ) (CU2).
Sequência típica dos eventos:	<p>Consoante a escolha do tipo de carta a implementar, assim:</p> <p>A. Para as cartas variáveis:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Quando o sistema indicar que é o momento da recolha da amostra, ou seja, a frequência de recolha (Δ_t ou $\Delta_{peças}$); 2. O utilizador deve recolher as n observações da amostra; 3. Medir e registar os n valores da variável; 4. Repetir os passos (1., 2. e 3.) até se ter recolhido e registado os valores das m amostras; 5. O sistema verifica a normalidade do conjunto de dados recolhidos (CU9: Verificar Normalidade); <p>B. Para as cartas de peças defeituosas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema indica o momento da recolha, isto é, passou Δ_t ou $\Delta_{peças}$ para se efectuar a recolha da amostra; 2. Recolher os n elementos da amostra (ou n_i); 3. Contar o número de peças defeituosas; 4. Registar o número de peças defeituosas; 5. Repetir estes passos até se terem recolhidos e registados os valores das m amostras.

	<p>C. Para as cartas de número de defeitos:</p> <p>1. O sistema indica o momento da recolha, isto é, esperar o intervalo de comprimento (Δ_{comp}) ou de área ($\Delta_{área}$) ou outro (Δ), definido no caso de utilização anterior (CU2 - Preparar Recolha);</p> <p>2. Recolher a quantidade a controlar (q) ou (q_i);</p> <p>3. Registar o nº de defeitos;</p> <p>4. Repetir estes passos até se ter recolhidos e registados os valores das m amostras.</p>
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema; A.5a. A verificação da normalidade pode ser deixada ao critério do utilizador, mas o sistema deverá lembrar que é aconselhável efectuar o teste à normalidade (CU9).
Observações:	A.2a. B.2a. C.2a. A recolha e registo dos valores podem ser efectuados por um sistema de medição; A.4a. B.5a. C.4a. Estes passos são apenas repetidos na 1ª fase quando se pretende calcular os limites de controlo com base na recolha das m amostras;

Tabela XX - Narrativa do CU3: Registar Observação.

Os limites de controlo são calculados após o registo das m amostras.

Nome:	CU4: Calcular Limites
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Calcular os limites de controlo para a carta de controlo correspondente.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	Ter efectuado a recolha e o registo das m amostras (CU3) ou seleccionado as amostras (CU8).
Sequência típica dos eventos:	<p>1. Este CU é evocado:</p> <p>1.1. Após o CU3: Registar Observação:</p> <p>1.1.1. O sistema sabe qual a carta de controlo a usar (identificado no CU2: Preparar Recolha);</p> <p>1.2. Pela indicação do utilizador (seleccionar a opção de calcular limites), isto é, quando pretende recalcular limites com base em amostras recolhidas:</p> <p>1.2.1. O sistema sabe qual a carta de controlo a usar, identificado através da funcionalidade do CU8: Seleccionar Amostra;</p> <p>2. O sistema calcula:</p> <p>A. Para as Cartas $A_{móvel}$ e X:</p> <p>A amplitude móvel $A_{móvel,i} = x_i - x_{i-1}$ para cada amostra ($i=2,...,m$), onde x_i representa o valor da observação;</p> <p>A média da amplitude móvel $\bar{A}_{móvel} = \frac{A_{móvel,2} + ... + A_{móvel,m}}{m-1}$;</p> <p>A média das observações $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + ... + x_m}{m}$;</p> <p>Os limites de controlo e a linha central para a carta $A_{móvel}$:</p> <p>$LIC = D_3 \bar{A}_{móvel}$; $LSC = D_4 \bar{A}_{móvel}$ e $LC = \bar{A}_{móvel}$, com $D_3=0$ e $D_4=3,267$;</p> <p>Os limites de controlo e a linha central para a carta X:</p> <p>$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\bar{A}_{móvel}}{d_2}$; $LSC = \bar{x} + 3 \frac{\bar{A}_{móvel}}{d_2}$ e $LC = \bar{x}$, com $d_2=1,128$.</p>

B. Para as cartas A e \bar{X} :

A média $\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n}$ e a amplitude $A_i = x_{i\max} - x_{i\min}$ para cada amostra ($i=1,2,\dots,m$), onde x_{ij} representa o valor da observação j da amostra i ;

A média das médias das amostras $\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$;

A média das amplitudes das amostras $\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_m}{m}$;

Os limites de controlo e a linha central para a carta A:

$LIC = D_3 \bar{A}$; $LSC = D_4 \bar{A}$ e $LC = \bar{A}$, onde D_3 e D_4 são valores tabelados e dependem de n ;

Os limites para a carta \bar{X} :

$LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{A}$; $LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{A}$ e $LC = \bar{\bar{x}}$, onde A_2 é um valor tabelado e depende de n .

C. Para as cartas S e \bar{X} :

A média $\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n}$ e desvio padrão $S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n-1}}$, para cada amostra $i=1,2,\dots,m$, onde x_{ij} representa o valor da observação j da amostra i ;

A média das médias das amostras $\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m}$;

A média dos desvios padrões das amostras: $\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i$;

Os limites de controlo e a linha central para a carta S:

$LIC = B_3 \bar{S}$; $LSC = B_4 \bar{S}$ e $LC = \bar{S}$, onde B_3 e B_4 valores tabelados e dependem de n ;

Os limites para a carta \bar{X} , com as amostras representadas na carta S:

$LIC = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{S}$; $LSC = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S}$ e $LC = \bar{\bar{x}}$, onde A_3 é um valor tabelado e depende de n .

D. Para a Carta p:

A média da proporção das peças defeituosas $\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m (ndef)_i}{n \times m}$, onde $(ndef)_i$ representa o número de peças defeituosas na amostra i ;

Os limites de controlo para a carta p:

$LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$, $LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ e $LC = \bar{p}$;

Se LIC for um valor negativo considera-se como zero.

E. Para a Carta p_{n_i} :

	<p>A média da proporção das peças defeituosas $\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m (ndef)_i}{n \times m}$, onde $(ndef)_i$ representa o número de peças defeituosas na amostra i;</p> <p>Os limites de controlo para esta carta são variáveis:</p> $LIC_i = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}, LSC_i = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \text{ e a linha central é } LC = \bar{p};$ <p>Se LIC for um valor negativo considera-se como zero.</p> <p>F. Para a Carta np:</p> <p>A média da proporção das peças defeituosas $\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m (ndef)_i}{n \times m}$, onde $(ndef)_i$ representa o número de peças defeituosas na amostra i;</p> <p>Os limites de controlo:</p> $LIC = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}, LSC = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \text{ e } LC = n\bar{p};$ <p>Se LIC for um valor negativo considera-se como zero.</p> <p>G. Para a Carta c:</p> $\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}$ <p>A média dos defeitos $\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}$, onde c_i é o número de defeitos da amostra e q é a quantidade a controlar;</p> <p>Os limites de controlo e a linha central:</p> $LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \text{ e } LC = \bar{c};$ <p>Se o valor de LIC é negativo assume-se que é zero.</p> <p>H. Para a Carta u:</p> $\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{\sum_{i=1}^m q_i}$ <p>A média dos defeitos por unidade $\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{\sum_{i=1}^m q_i}$, onde u_i é o número de defeitos por unidade da amostra e q_i é a quantidade a controlar na amostra i;</p> <p>Os limites de controlo são variáveis porque dependem da amostra i:</p> $LIC_i = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{q_i}} \text{ e } LSC_i = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{q_i}} \text{ e a linha central: } LC = \bar{u};$ <p>Se o valor de LIC_i é negativo assume-se que é zero.</p>
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;
Observações:	<p>Aa. Ba. Ca. Para as cartas das variáveis, calcula-se primeiramente os limites de controlo para a carta da variabilidade e desenha-se essa carta e só depois calculam-se os limites da carta das médias;</p> <p>Ea. Ha. O limite superior e o limite inferior da carta p_{n_i} e da carta u são variáveis.</p>

Tabela XXI - Narrativa do CU4: Calcular Limites.

Após o cálculo dos limites o sistema automaticamente desenha a carta de controlo.

Nome:	CU5: Desenhar Carta
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Desenhar a carta de controlo correspondente.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	Ter calculado os limites de controlo para a carta de controlo correspondente (CU4).
Sequência típica dos eventos:	<p>A. Para as cartas das variáveis:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desenha as rectas correspondentes aos limites e a linha central (<i>LIC</i>, <i>LSC</i> e <i>LC</i>) no gráfico correspondente à primeira carta ($A_{móvel}$, A ou S); 2. Representa os valores das estatísticas ($(A_{móvel,i})$, A_i ou S_i) de cada amostra no gráfico correspondente à carta de controlo; 3. Caso existe algum ponto fora dos limites de controlo ou outra situação de descontrolo: <ol style="list-style-type: none"> 3.1. O sistema envia uma notificação ao gestor da qualidade; 3.2. Elimina esse ponto no gráfico; 3.3. Pede a recolha de uma nova amostra, nas mesmas condições da recolha das outras amostras, volta a calcular os limites e volta para o ponto 1 deste CU; 4. O sistema desenha a segunda carta, com as amostras da primeira carta: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Desenha as rectas correspondentes aos limites e a linha central da segunda carta e representa os valores das estatísticas de cada amostra (x_i ou \bar{x}_i); 4.2. Caso existe um ponto fora dos limites ou uma situação de “fora de controlo” o sistema elimina esse ponto na 1ª carta e na 2ª carta e pede a recolha de uma nova amostra e volta a calcular os limites e volta para o ponto 1. <p>B. Para as cartas dos atributos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desenha as rectas correspondentes aos limites e a linha central no gráfico (<i>LIC</i>, <i>LSC</i> e <i>LC</i>); 2. Representa os valores das estatísticas de cada amostra no gráfico; 3. Caso existe algum ponto fora dos limites ou outra situação de descontrolo: <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Envia notificação ao gestor da qualidade; 3.2. Elimina esse ponto no gráfico; 3.3. Pede a recolha de uma nova amostra, nas mesmas condições da recolha das outras amostras, calcula novos limites e volta a desenhar a carta correspondente, isto é, efectua novamente estes pontos.
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;
Observações:	<p>A.3a. B.3a. Quando é verificado uma das seguintes situações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - os pontos da carta de controlo se encontram fora da região limitada pelos limites de controlo (<i>LSC</i> e <i>LIC</i>); - 2 pontos em 3 pontos consecutivos estão entre os limites e as linhas ± 2 <i>sigma</i>; - 4 pontos em 5 pontos consecutivos entre as linhas -1 <i>sigma</i> e $+1$ <i>sigma</i>; - uma série de 8 pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central; <p>A.4.a. Para as cartas das variáveis visualizam-se dois gráficos e para isso o sistema desenha a primeira carta e só depois desenha a segunda carta com os pontos representados no primeiro gráfico;</p>

Tabela XXII - Narrativa do CU5: Desenhar Carta.

O caso de uso seguinte representa a segunda fase do SPC, em tempo real o sistema apresenta a carta de controlo após a introdução dos dados da amostra recolhida e avisa quando existe uma situação de “fora de controlo”.

Nome:	CU6: Visualizar Carta
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Visualizar a carta de controlo em tempo real.
Actores:	Operador; Gestor da Qualidade.
Pré-condições:	Fixação dos limites de controlo adequados, isto é, ter efectuado os passos da fase 1.
Sequência típica dos eventos:	<p>O utilizador selecciona na opção para visualizar a carta de controlo em tempo real:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresenta a carta com os limites de controlo definidos nos casos de uso anteriores para a fase 1 do SPC; 2. O utilizador indica quando deseja iniciar o controlo do processo <i>on-line</i>; 3. O sistema emite um aviso para se efectuar a recolha quando for o momento da recolha (Δ) ou a recolha é efectuada automaticamente pelo sistema de medição, isto é, o primeiro aviso é no momento indicado pelo utilizador no passo anterior e os seguintes são determinados consoante o valor da frequência indicado no CU2: Preparar Recolha; 4. O operador ou o sistema de medição efectua a recolha e o registo dos dados correspondentes ao aviso que depende do tipo de carta a implementar; 5. O sistema efectua o(s) cálculo(s) da(s) estatística(s) respectiva(s) e representa o(s) valor(es) da(s) estatística(s) na carta correspondente; 6. Caso existe algum ponto fora dos limites de controlo ou outra situação de descontrolo, isto é, se é verificado uma das seguintes situações: <ol style="list-style-type: none"> 6.1. os pontos da carta de controlo encontram-se fora da região limitada pelos limites de controlo (<i>LSC</i> e <i>LIC</i>); 6.2. 2 pontos em 3 pontos consecutivos estão entre as linhas limite e as linhas ± 2 <i>sigma</i>; 6.3. 4 pontos em 5 pontos consecutivos entre as linha $s-1$ <i>sigma</i> e $+1$ <i>sigma</i>; 6.4. uma série de 8 pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central; 7. O sistema emite alerta, identificando na carta de controlo o ponto ou os pontos do alerta, envia uma notificação via e-mail ou SMS e aguarda resposta do gestor da qualidade; 8. O sistema pede a recolha de uma nova amostra, nas mesmas condições da recolha das outras amostras, isto é, volta para o ponto 4; 9. Paralelamente pode-se calcular os índices de capacidade do processo.
Sequências alternativas e extensões:	<p>Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;</p> <p>9a. A capacidade do processo é deixada ao critério do utilizador, nesta fase o cálculo dos índices de capacidade do processo é determinado com base nas últimas 5 amostras recolhidas (CU10: Calcular Capacidade);</p>
Observações:	<p>Para as cartas das variáveis visualizam-se dois gráficos;</p> <p>6a. A primeira situação (6.1.) deve ser verificada sempre, as restantes situações ficam ao critério do utilizador, podendo activá-las todas ou apenas algumas;</p> <p>O operador visualiza as últimas <i>y</i> amostras introduzidas no gráfico enquanto que o gestor da qualidade pode visualizar todas as amostras recolhidas para a construção da carta de controlo.</p>

Tabela XXIII - Narrativas do CU6: Visualizar Carta.

Quando o sistema detecta situações de “fora de controlo” surge um alarme e representa-o na carta de controlo e envia-o ao gestor da qualidade. Este deve identificar a causa do alarme e implementar uma acção de correcção.

Nome:	CU7: Gerir Alarme
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Seleccionar alarme; Identificar a causa do alarme; Definir a acção de correcção implementada.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	Ocorreu uma situação de “fora de controlo” e o gestor da qualidade foi notificado por e-mail ou SMS do ocorrido.
Sequência típica dos eventos:	O utilizador selecciona a opção para gerir alarme: 1. Pesquisa o alarme por característica ou por carta ou visualiza o alarme ocorrido na carta de controlo; 2. Selecciona o alarme; 3. Identifica a Causa do alarme; 4. Define a acção de correcção implementada.
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o gestor da qualidade pode abandonar o sistema; 3a. Numa primeira fase a identificação da causa do alarme será apresentada de forma descritiva e posteriormente poderá ser codificada caso ocorrem situações semelhantes; 4a. Também inicialmente a definição da acção de correcção executada será feita textualmente e só depois será categorizada.

Tabela XXIV - Narrativa do CU7: Gerir Alarme.

Para efectuar cálculos sobre um conjunto de dados necessita-se de seleccionar esse conjunto de dados que pode ser seleccionado de uma carta de controlo ou importado de outro programa.

Nome:	CU8: Seleccionar Amostra
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Seleccionar amostras já utilizadas numa carta de controlo para o cálculo de novos limites de controlo; Seleccionar amostras de características variáveis para calcular estatísticas ou para construir histograma ou para calcular índices de capacidade ou para verificar normalidade.
Actores:	
Pré-condições:	CU4: Calcular Limites, CU9: Verificar Normalidade, CU10: Calcular Capacidade, CU11: Calcular Estatísticas e CU12: Construir Histograma;
Sequência típica dos eventos:	Este CU é evocado quando o utilizador pretende efectuar cálculos, isto é, quando selecciona um dos seguintes casos de utilização CU4: Calcular Limites, CU9: Verificar Normalidade, CU10: Calcular Capacidade, CU11: Calcular Estatísticas e CU12: Construir Histograma; 1. O utilizador deve seleccionar o conjunto de dados que pretende: 1.1. Amostras já utilizadas numa carta de controlo; 1.2. Ou dados importados de outro programa; 2. O sistema utiliza estes dados para efectuar os cálculos indicados pelo utilizador

	evocados em outros CUs;
Sequências alternativas extensões:	e Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema; 1a. Pode seleccionar as amostras na carta de controlo (CU6: Visualizar Carta).
Observações:	1.2a. Os dados importados de outros programas são usados apenas para calcular estatísticas, construir histograma, verificar normalidade e calcular capacidade mas não são guardados para efectuar outro tipo de cálculos.

Tabela XXV - Narrativa do CU8: Seleccionar Amostra.

Para a implementação das cartas por variáveis é necessário assegurar que a característica segue uma distribuição normal. Deste modo, através do teste de hipóteses Kolmogorov-Smirnov Lilliefors verifica-se a distribuição normal da população com base na estimação em dados amostrais.

Nome:	CU9: Verificar Normalidade
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Verificar se as características variáveis seguem uma distribuição normal.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	Ter efectuado a recolha e registo da(s) amostra(s) ou ter seleccionado esta funcionalidade em outro CU.
Sequência típica dos eventos:	<p>1. Este CU é evocado:</p> <p>1.1. Automaticamente por outro caso de uso, o sistema sabe que dados usar ou pede ao utilizador para os identificar;</p> <p>1.2. Pelo utilizador para verificar a normalidade dos dados que são seleccionados com base no CU8:Seleccionar Amostra;</p> <p>2. O sistema verifica se a dimensão da amostra (n) é superior a 4;</p> <p>3. O sistema calcula a média e o desvio padrão da amostra;</p> <p>4. Ordena a amostra por ordem crescente;</p> <p>5. Regista as frequências observadas, calcula os valores da função distribuição;</p> <p>6. Padroniza os dados observados;</p> <p>7. Regista os valores da função distribuição populacional, com base nos valores da tabela da distribuição normal;</p> <p>8. Determina a estatística de teste:</p> <p>8.1. Calcula $a_{1j}= S(x_{j-1}^*)-F_0(x_{j-1}^*)$ (módulo da diferença entre a função distribuição do valor anterior e a função distribuição populacional do actual valor. Nota: para o primeiro valor (ou seja para calcular o a_{11}) considera-se o valor zero para a função distribuição);</p> <p>8.2. Calcula $a_{2j}= S(x_j^*)-F_0(x_j^*)$ (módulo da diferença entre a função distribuição do valor considerado e a função distribuição populacional do mesmo valor);</p> <p>8.3. Calcula $D=\max\{a_{1j}, a_{2j}\}$ (máximo entre os valores de a_{1j} e de a_{2j});</p> <p>9. Determina o valor crítico $c=D_n(5\%)$, este valor é obtido da tabela de Kolmogorov-Smirnov Lilliefors para Populações Normais e depende de n e do nível de confiança pretendido (o valor mais utilizado é de 95% que corresponde a um erro admissível de 5% ($\alpha=0,05$)).</p> <p>10. Aplica a Regra de decisão - o valor da estatística D for superior ou igual ao valor crítico;</p> <p>10.1. Rejeita-se a hipótese H_0, ou seja, pode-se afirmar que a distribuição da população não segue uma distribuição normal ou</p>

	10.2. Não se rejeita H_0 , isto é, a distribuição populacional poderá ser normal.
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema.
Observações:	1.2a. Caso este CU seja evocado pelo utilizador, necessita de dados que devem ser seleccionados no CU8; 2a. Se a dimensão da amostra não for superior a 4 não se pode realizar este teste, o sistema deve pedir ao utilizador para seleccionar uma amostra com dimensão maior ou igual a 4.

Tabela XXVI - Narrativa do CU9: Verificar Normalidade.

Deve-se averiguar o processo quanto à sua produção de forma compatível com os requisitos (especificações) técnicos do produto.

Nome:	CU10: Calcular Capacidade
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Averiguar se o processo se encontra a produzir de forma compatível com os requisitos (especificações) técnicos do produto.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	Ter efectuado a selecção das amostras usadas para implementar uma carta de controlo variável ou quando evocado por outro CU.
Sequência típica dos eventos:	<p>1. Este CU é evocado:</p> <p>1.1. Automaticamente por outro caso de uso;</p> <p>1.2. Pelo utilizador para calcular os índices de capacidade do processo e, assim, o sistema evoca o CU8: Seleccionar Amostra;</p> <p>2. O sistema verifica se os dados apresentam uma distribuição normal (é evocado o CU9: Verificar Normalidade);</p> <p>3. O sistema estima a média (μ) e o desvio padrão do processo (σ) com base na amostra, isto é, calcula a média (\bar{x}) e o desvio padrão da amostra (S);</p> <p>4. O sistema pede para o utilizador introduzir os limites de especificação (LSE e LIE) caso essa informação não se encontra disponível nos dados da característica da qualidade (variável);</p> <p>5. O sistema calcula o C_p ($C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$, considerando $\sigma = S$);</p> <p>6. Calcula o C_{pk} ($C_{pk} = \min\left\{\frac{\mu - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \mu}{3\sigma}\right\}$, considerando $\mu = \bar{x}$ e $\sigma = S$);</p> <p>Se $C_{pk} \geq 1,33$ o sistema indica que o processo tem boa capacidade;</p> <p>Se $1,00 \leq C_{pk} < 1,33$ o processo tem capacidade razoável;</p> <p>Se $C_{pk} < 1,00$ o processo não tem uma capacidade adequada;</p> <p>7. O utilizador se desejar pode visualizar o histograma associado a este conjunto de dados.</p>
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema; 7a. A visualização do histograma é deixada ao critério do utilizador (CU12: Construir Histograma).
Observações:	A análise da capacidade do processo só é efectuada para características do tipo variável;

	<p>1.2a. Caso este CU seja evocado pelo utilizador necessita de dados que devem ser seleccionados no CU8;</p> <p>2a. Se a distribuição dos dados da amostra não são normais o sistema avisa que os dados devem assumir uma distribuição normal e é deixado ao critério do utilizador se deve ou não proceder com esta análise.</p> <p>3a. A média e o desvio padrão são calculados com base nas amostras do SPC considerar-se uma única amostra de dimensão $m \times n$ como dimensão da amostra;</p> <p>3a. Para estimar μ e σ pode-se usar a média das médias das amostras (\bar{x}) e \bar{A}/d_2 ou \bar{S}/c_4 consoante se usou a carta A ou S;</p>
--	---

Tabela XXVII - Narrativa do CU10: Analisar Capacidade.

Ao longo da análise do processo há necessidade de se efectuar estimações de dados amostrais.

Nome:	CU11: Calcular Estatísticas
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Calcular a média, a mediana, a moda, o desvio padrão e/ou a amplitude de uma amostra.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	
Sequência típica dos eventos:	<p>1. O utilizador selecciona a opção para calcular estatística dos dados;</p> <p>2. O sistema recorre ao CU8: Seleccionar Amostra para o utilizador indicar quais os dados para efectuar os cálculos;</p> <p>3. O gestor da qualidade selecciona a estatística a calcular: Média, Mediana, Moda, Desvio padrão ou Amplitude;</p> <p>4. O sistema efectua o cálculo da média, do desvio padrão ou da amplitude da amostra consoante a opção indicada;</p> <p>5. O sistema apresenta o valor correspondente à estatística.</p>
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;

Tabela XXVIII - Narrativa do CU11: Calcular Estatísticas.

O histograma é uma das ferramentas muito usada pelos responsáveis da qualidade para verificar o comportamento da variável em estudo.

Nome:	CU12: Construir Histograma
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Construir um histograma que represente os dados de uma amostra.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	
Sequência típica dos eventos:	<p>1. O utilizador selecciona a opção para Construir um histograma;</p> <p>2. O sistema evoca o CU8: Seleccionar Amostra para o actor indicar o conjunto de dados para a construção do histograma;</p> <p>3. O sistema apresenta o histograma correspondente à amostra indicada, ou seja, deve:</p>

	<p>3.1. Calcular a amplitude da amostra;</p> <p>3.2. Calcular o nº de classes (inteiro mais próximo de \sqrt{n});</p> <p>3.3. Obter a amplitude do intervalo de classes (dividir a amplitude da amostra pelo nº de classes);</p> <p>3.4. Agrupar os dados em classes;</p> <p>3.5. Registrar as ocorrências de cada intervalo de classes (frequências absolutas);</p> <p>3.6. Elaborar um gráfico de barras em que o eixo das abcissas representa as classes e o eixo das ordenadas as frequências absolutas;</p> <p>4. Se o utilizador deseja visualizar a média, a mediana ou a moda da amostra no histograma, o sistema calcula a média, a mediana ou a moda da amostra e indica no histograma o valor correspondente.</p>
Sequências alternativas e extensões:	<p>Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;</p> <p>A construção do histograma pode estar associada à capacidade do processo;</p> <p>4a. Caso desejar ver a média, a mediana ou a moda no histograma (CU11: Calcular Estatísticas).</p>

Tabela XXIX - Narrativa do CU12: Construir Histograma.

Pode haver a necessidade de exportar alguns dados para outro programa para efectuar outro tipo de cálculos e análises e, para elaborar relatórios com dados e cartas de controlo implementadas.

Nome:	CU13: Exportar Dados
Âmbito:	SPCSolution
Finalidade:	Exportar dados para outros programas; Elaborar relatórios.
Actores:	Gestor da Qualidade
Pré-condições:	
Sequência típica dos eventos:	<p>1. O gestor da qualidade acede ao campo para exportar dados e/ou elaborar relatórios;</p> <p>2. Selecciona os dados que pretende exportar ou para elaborar o relatório, usa as funcionalidades do CU8: Seleccionar Amostra;</p> <p>3. O sistema constrói uma tabela com os dados da qual o utilizador pode exportar ou copiar para outro programa em que pretende trabalhar;</p> <p>4. Ou o sistema elabora o relatório com a informação que o utilizador configura para o efeito.</p>
Sequências alternativas e extensões:	Em qualquer momento o utilizador pode abandonar o sistema;
Observações:	4a. O relatório pode ter informação referente à análise da capacidade do processo, do histograma, da carta de controlo.

Tabela XXX - Narrativa do CU13: Exportar Dados.